Avant propos

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé dans le cadre de la préparation du diplôme national d'ingénieur en génie électrique à l'ENIS (*Ecole National d'Ingénieurs de Sfax*). Il a été réalisé au sein de la société **BEMAI** en coopération avec l'**ACEM** (*Unité de Recherche sur la **C**ommande **A**vancée et la **M**anagement de l'**E**nergie*).

BEMAI est une entreprise privée résidente à Route de Mahdia Km 4.5 à Sfax. Cette société est spécialisée dans les travaux électriques, électroniques et automatiques. Elle réalise ses projets en Tunisie aussi bien qu'à l'étranger. Elle est leader dans la fabrication des chargeurs de batteries.

ACEM est une unité de recherche à l'ENIS dirigé par **Mr. Abderazzak OUALI**, spécialisé dans la recherche de commandes avancées et le management de l'énergie.

Table des matières

Introduction Générale 8
1. Présentation du problème : 9
1.1. Besoins du SNCFT : 9
1.2. Système existant : 9
1.3. Défauts liés au système existant : 11
1.4. Cahier des charges du projet : 11
Introduction : 15
1. Présentation : 15
2. Topologie : 15
3. Les types de transmission : 16
4. Les supports de transmission : 17
5. Mode de transmissions : 17
5.1. Transmission parallèle : 17
5.2. Transmission sérielle : 17
6. Communication sérielle entre deux équipements de données: 18
6.1. Les automates programmables industriels : 18
6.1.1. Domaines d'emploi des automates : 19
6.1.2. Nature des informations traitées par l'automate : 19
6.1.3. Structure : 19
6.2. Le modem : 20
7. Protocoles de communication : 21
7.1. Protocole Profibus : 21
7.2. Protocole SNP : 22
7.3. Protocole MODBUS : 22
7.3.2. Echange maître vers un esclave : 23
7.3.3. Echange Maître vers tous les esclaves : 23
7.3.4. Trame d'échange question/réponse : 23

7.3.5. Format général d'une trame : 24
7.3.6. Support de transmission : 25
8. Interfaces de communication : 26
8.1. La liaison RS232 : 26
8.2. La liaison RS485 : 27
Introduction : 29
1. Description de l'installation : 29
2. Choix du modem : 29
2.1. ETIC MDM-192 : 30
2.2. MuLOGIC BBM-384 : 32
2.3. Westermo TD-23 : 33
2.4. Choix adéquat du modem : 34
3. Choix des automates : 35
3.1. Automate Maître: 36
3.1.1. Caractéristiques du PACSystems RX3i: 37
3.1.2. Environnement de développement: 38
3.2. Automates Esclaves: 38
3.2.1. Caractéristiques du VersaMax Micro-64 : 38
3.2.2. Environnement de développement: 39
3.2.3. Problèmes liés à VersaMax Micro-64 : 39
Introduction : 42
1. Logiciel de programmation : 42
1.1. Présentation : 42
1.2. Composants du logiciel : 43
1.3. Interface graphique : 44
2. Relevé des entrées et des sorties : 45
2.1. Types d'entrées et des sorties : 46
2.1.1. Entrées : 46
2.1.2. Sorties : 46
2.2. Relève des entrées sorties pour la Sous Station Electrique : 47
2.3. Relève des entrées sorties pour les stations : 48

3. Programme de communication : 49
3.1. La fonction CommReq : 49
3.1.1. Présentation : 49
3.1.2. Bloc de commande : 51
3.2. Structure du programme : 52
3.2.1. Etape 1 : Initialisation de la communication : 53
3.2.2. Etape 2 : Lecture des entrées de chaque automate esclave sur le réseau : 56
3.2.3. Etape 3 : Envoie de la commande pour l'automate en question : 57
3.2.4. Routine : Détection d'une variation de commande : 58
4. Câblage du matériel : 59
4.1. Liaison tableau synoptique et capteurs: 60
4.2. Liaison entre automate et entrées/sorties : 60
4.3. Liaison entre automate et modem : 61
5. Conception des armoires électriques: 62
5.1. Procédure de câblage : 62
5.2. Présentation des composants de l'armoire : 63
5.3. Présentation du logiciel de conception : 63
6.4. Circuit d'installation : 64
Conclusion & perspectives 66

Liste des figures

Figure 1. Emplacement géographique de la ligne 22……..……8

Figure 2. Architecture du système existant……..……..……..……10

Figure 3. Carte ANSALDO manquant…….……..……..……11

Figure 4. Architecture du nouveau réseau de communication…….…..…..……12

Figure 5. Topologie Bus…….……..……15

Figure 6. Topologie Anneau……..…..……16

Figure 7. Topologie Etoile……..……16

Figure 8. Communication entre deux équipements de données…….……18

Figure 9. Cycle de fonctionnement d'un automate…….……20

Figure 10. Dialogue maître esclave……..…..……22

Figure 11. Echange maître vers 1 esclave…….……23

Figure 12. Dialogue maître vers tous les esclaves……23

Figure 13. Délais de silence entre question-réponse……..……..…..……25

Figure 14. Modem ETIC MDM-192……..……..…..……30

Figure 15. Modem MuLOGIC MDM-192……..…..……32

Figure 16. Modem Westermo TD-23……33

Figure 17. Modems en dos à dos…….……..……34

Figure 18. GE-Fanuc PACSystems RX3i……..……..……36

Figure 19. GE-Fanuc VersaMax Micro-64…….……..……..……38

Figure 20. Composition de VersaMax……..……39

Figure 21. Port RS-232 dans VersaMax……..……40

Figure 22. Connexions aux bornes du port RS-232 ……40

Figure 23. Proficy Machine Edition……..…..……42

Figure 24. Interface graphique de Proficy……...……..……44

Figure 25. La fonction CommReq……..……..……50

Figure 26. Organigramme général de l'automate maître……..……53

Figure 27. Organigramme de l'initialisation……54

Figure 28. Chargement des registres du bloc de commande……..…..……..……55

Figure 29. Organigramme de l'opération de lecture……..…..…….……56

Figure 30. Organigramme de l'opération écriture…….……57

Figure 31. Envoie d'une requête de lecture…….……58

Figure 32. File d'attente des requêtes écriture…….……59

Figure 33. Schéma de câblage du réseau…….……59

Figure 34. Liaison entre automate et entrées/sorties……60

Figure 35. Connecteur RJ-45 de l'automate en liaison RS-485…….……62

Figure 36. Interface graphique d'AutoCAD…….……64

Figure 37. Circuit d'installation de l'armoire…….……...…….....……..64

Figure 38. Conception de l'armoire par AutoCAD……..…….…..……65

Liste des tableaux

Tableau 1. *Trame de question en Modbus……..23*
Tableau 2. *Trame de réponse en Modbus……..24*
Tableau 3. *Trame de réponse erronée en Modbus……24*
Tableau 5. *Trame Modbus codé en ASCII……..24*
Tableau 6. *Trame Modbus codé en RTU……24*
Tableau 7. *Octet transmis en Modbus RTU……25*
Tableau 8. *Les différentes fonctions en Modbus……26*
Tableau 9. *Porté d'ETIC par nombre de modem et du diamètre de câble……31*
Tableau10. *Porté du BBM en fonction du débit et diamètre du câble ……32*
Tableau 11. *Comparaison des modems……..34*
Tableau 12. *Caractéristique du VersaMax Micro-64……..39*
Tableau 13. *Entrées/Sorties de la S.S. Electrique……47*
Tableau 14. *Entrées/ Sorties pour les postes……48*
Tableau 15. *Paramétrage de la fonction CommReq……50*
Tableau 16. *Les sept premiers mots de la fonction CommReq……..52*
Tableau 17. *Bornier 10 points pour ETIC……61*

Introduction Générale

LE secteur du tourisme est l'un des plus importants secteurs dans la balance économique de la Tunisie. Il est donc indispensable de prendre toutes les procédures garantissant des services de qualité dans ce secteur afin de satisfaire les besoins des clients. Parmi ces services, on cite le service de transport qui reste un facteur important pour le confort du touriste.

La ligne 22 du métro du Sahel se situe à la zone de Sousse-Monastir-Mahdia. Cette ligne se focalise dans une zone considérée comme pôle touristique (figure 1). Il est donc nécessaire de garantir « un transport moderne » dans cette zone.

Figure 1. *Emplacement géographique de la ligne 22*

Les statistiques effectuées par la SNCFT montrent le trafic énorme de voyages et de voyageurs sur cette ligne. Vue l'importance de cette ligne, la SNCFT a lancé un appel d'offre pour l'informatiser.

1. Présentation du problème :

1.1. Besoins du SNCFT :

Afin de gérer le trafic de la ligne électrifiée 22 du Métro SAHEL et effectuer sa maintenance et d'intervenir en cas de défaillance, la SNCFT propriétaire, a besoin de contrôler et de superviser l'état de chaque segment de la ligne telle que la présence tension, la présence courant, états des sectionneurs, alarmes…

Tout cela doit être s'effectuer dans un intervalle de temps relativement court pour assurer la satisfaction des clients.

La ligne 22 s'étale sur une distance de 100 Km partitionné en deux tranches de 50 Km chacune. Elle comporte les 11 postes répartis comme suit :

- Poste H.Bourgiba : poste principale de contrôle et supervision situé en Monastir centre-ville.
- Postes en ligne Monastir-Sousse : Skanes, Sahline, Sous Station Electrique, Zone Industrielle Sousse et Sousse Sud
- Postes en ligne Monastir-Mahdia : Faculté, Séparation, Khsibet, Moknine et Baghdadi.

Les agents du SNCFT doivent commander à distance toute cette ligne et isoler n'importe quel segment en cas de présence de défaut pour une eventuelle intervention sur terrain pour la maintenance.

1.2. Système existant :

La solution en court d'exploitation consiste à contrôler et à transmettre l'état de la ligne électrifiée grâce à des cartes analogiques de la marque ANSALDO ELECTRIC assurant la communication entre les sites et le poste général. Chaque carte transmet un ensemble d'informations provenant des capteurs et d'actionneurs installés dans ce poste. L'ensemble est basé sur un réseau d'armoires de télécommandes liées. Dans le poste général de H.Bourgiba existe un automate qui gère tout le processus. Ce dernier est lié à un PC pour la supervision.

L'architecture de l'installation en cours d'exploitation peut se présenter comme suit :

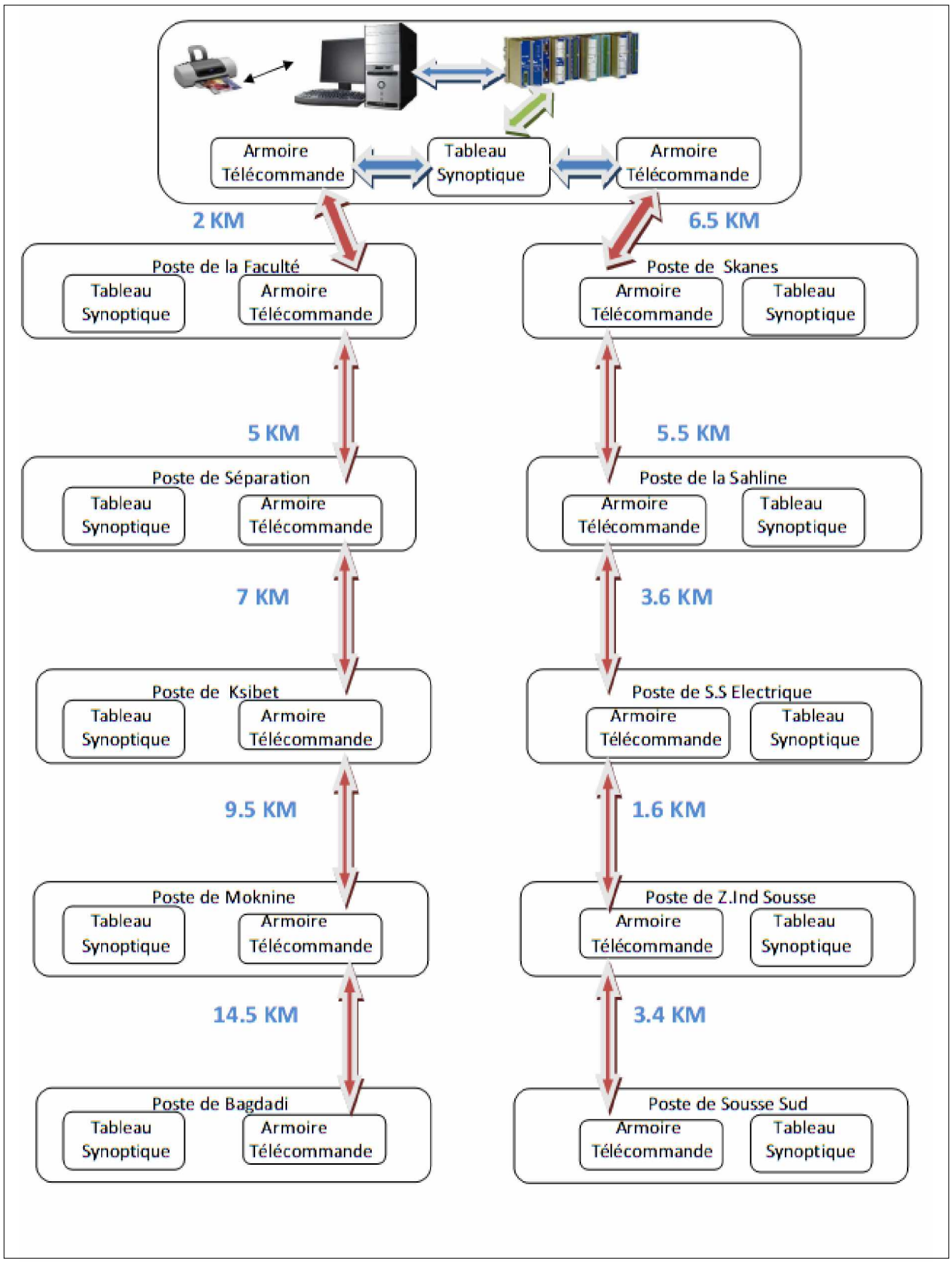


Figure 2. *Architecture du système existant*

1.3. Défauts liés au système existant :

Les cartes analogiques développées et installées par la société ANSALDO ELECTRIC, sont plus produites de sorte qu'il ne reste plus de cartes de rechange. Actuellement, l'installation manque d'une carte (Station Zone Industrielle Sousse) (figure 3). La communication est déjà interrompue avec un poste.

Figure 3. *Carte ANSALDO manquant*

De plus, de nombreux problèmes de communication entre le poste général Monastir et les sites distants ont été remarqués par la SNCFT. Ce système utilise des technologies relativement dépassés, il n'est pas fiable. De plus, il est lent et il ne permet pas la commande à distance… Tous ces problèmes mettent en relief la nécessité d'une installation moderne.

1.4. Cahier des charges du projet :

Ce projet est réalisé en coopération entre « l'Unité de Recherche sur la **C**ommande **A**vancée et la **M**anagement de l'**E**nergie (ACEM) » et la société BEMAI au profit de la Société Nationale des Chemins de Fers (SNCFT).

Il consiste à étudier et concevoir un réseau de communication entre des automates placés sur dix sites éparpillés sur la ligne 22 du métro SAHEL.

Il sera basé sur le principe d'un réseau d'automate dont un maître placé dans le poste de commande H.Bourgiba à Monastir qui gère dix esclaves éparpillés dans les postes secondaires sur toute la ligne.

La solution comprend un système de supervision permettant à l'opérateur se trouvant au poste général de Monastir de télésurveiller et télécontroller l'installation électrique de toute la ligne.

Le nouveau réseau de communication aura l'architecture indiqué sur la figure 4.

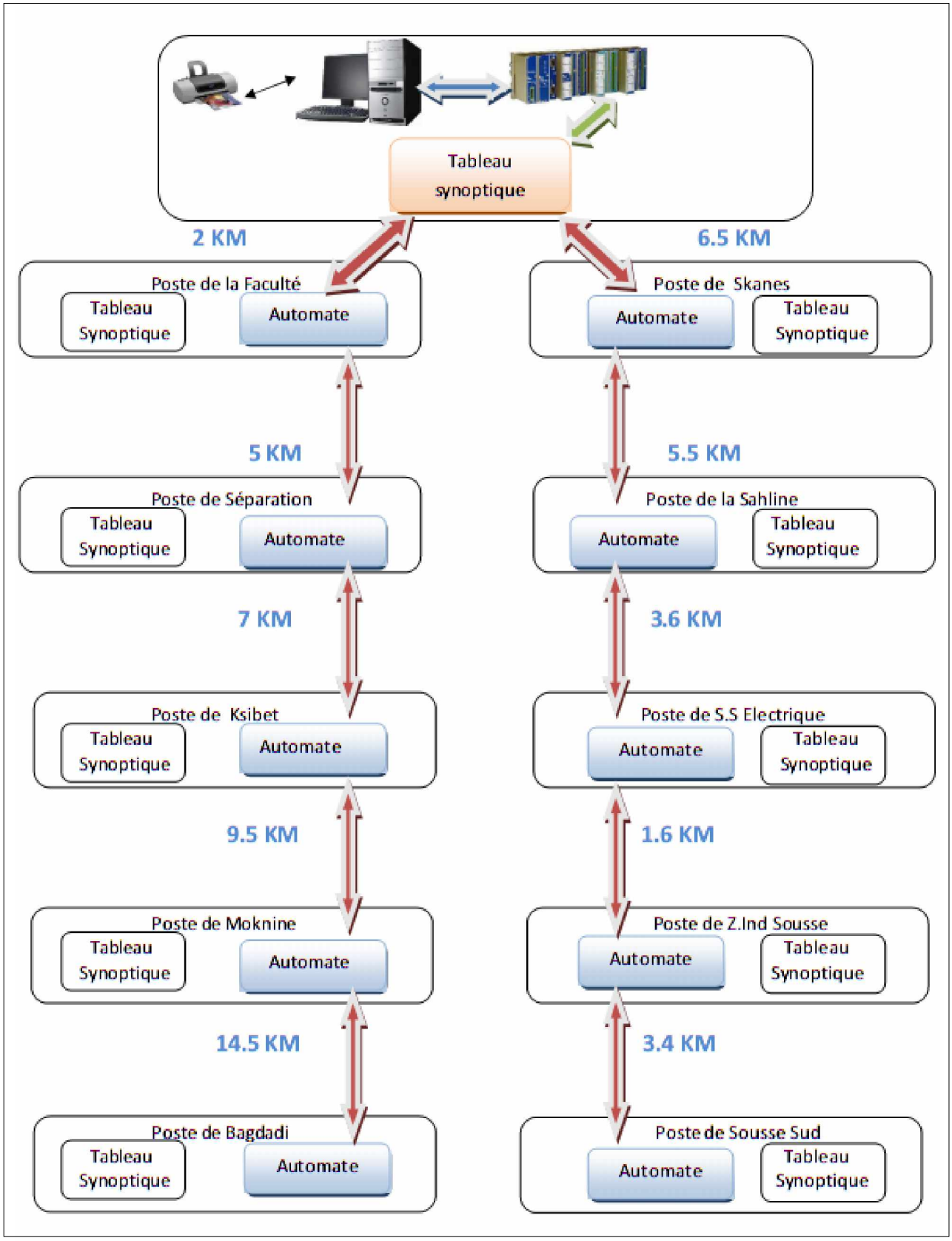


Figure 4. *Architecture du nouveau réseau de communication*

Dans le premier chapitre, afin de bien connaître l'environnement du projet, on a fait une étude préliminaire sur les réseaux de terrain ; les différents topologies, les types, les constituants, les modes et supports de transmission. On a met l'accent sur les types de protocoles de communication.

Dans le deuxième chapitre, tout en respectant le cahier des charges, on a définit le matériel nécessaire. Suite à une phase d'étude technique et financière du matériel, on a fait les décisions finales concernant les choix.

Dans le troisième chapitre, on a présenté le logiciel de programmation des automates. On a met l'accent sur la structure et les outils utilisés dans notre programme. On a donné une idée sur le câblage du matériel et la conception des armoires qui vont le supportés.

Chapitre I

Les réseaux de terrains

Introduction :

Dans de chapitre on va faire une description préliminaire des réseaux de terrain ; les différents topologies, les types, les constituants, les modes et supports de transmission.

1. Présentation :

Les réseaux de terrain sont des réseaux faisant intervenir aussi bien les ordinateurs que les machines. Développés pour informatiser le secteur industriel, ces réseaux deviennent de plus en plus performants. De nos jours, des passerelles entre les divers réseaux existent, les constructeurs d'instruments adaptent leurs appareils aux diverses technologies employées. La simplification du câblage, les facilités offertes pour la configuration et la maintenance prédictive sont telles que cette évolution est inéluctable.

2. Topologie :

On distingue principalement trois topologies de réseaux locaux [1] :

- ***Topologie Bus :*** Le réseau est composé d'une ligne principale auquel sont liées les unités (figure 5).

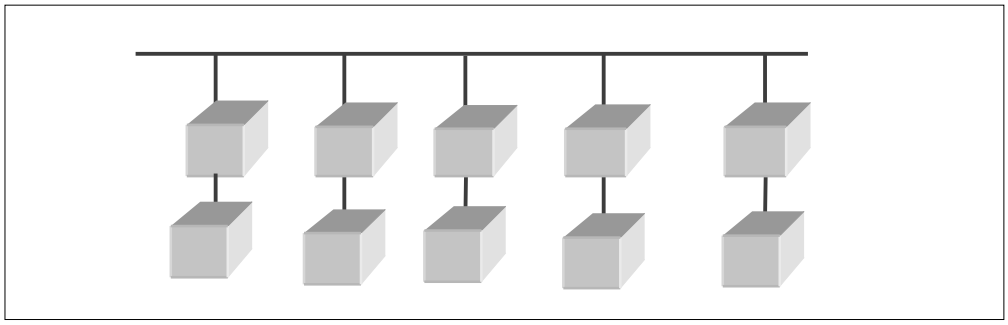


Figure 5. *Topologie Bus*

- ***Topologie Anneau :*** Toutes les unités sont montées en série sur une boucle fermée. Les communications doivent traverser toutes les unités pour arriver au récepteur (figure 6).

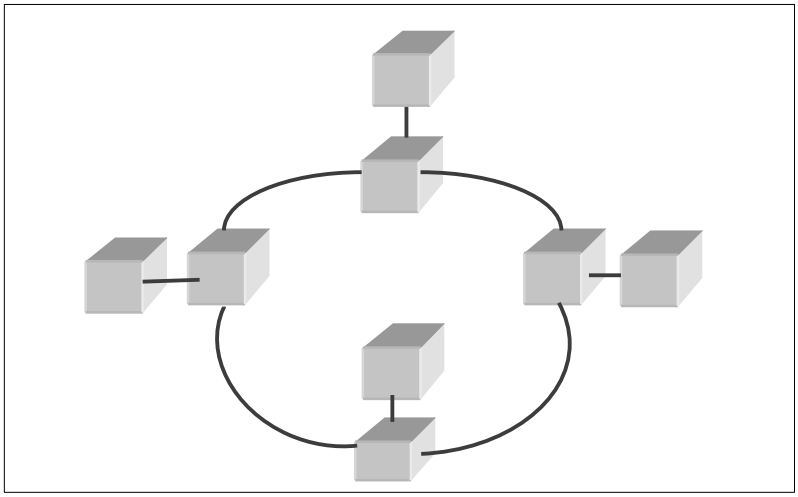


Figure 6. *Topologie Anneau*

- ***Topologie Etoile :*** Plusieurs unités sont connectées par leur propre ligne à une unité dite centrale (figure 7).

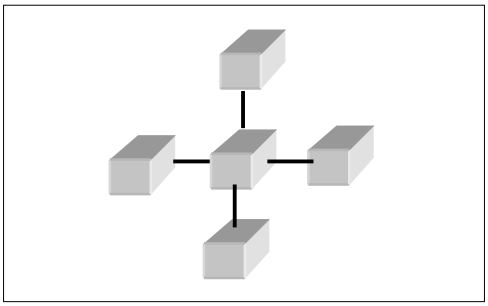


Figure 7. *Topologie Etoile*

3. Les types de transmission :

- **Transmission en Simplex :** Les données peuvent être transmises dans un sens fixé à l'avance. On parle d'une transmission monodirectionnelle.
- **Transmission en Half-duplex :** Les données peuvent être transmises dans un sens ou dans l'autre, nécessitant comme support deux fils seulement. On parle d'une transmission bidirectionnelle alterné.
- **Transmission en Full-duplex :** Les données peuvent être transmises dans un sens ou dans l'autre, nécessitant comme support deux paires de fils. On parle d'une transmission bidirectionnelle simultanée. [1]

4. Les supports de transmission :

On distingue différents types de lignes de transmission d'informations. Les plus connus sont :

- **Le paire de fils torsadés :** ce sont les lignes les plus utilisés actuellement en transmission numérique et analogique. Elle est constituée d'une paire de fils métalliques isolés souvent regroupés avec d'autres paires pour former un câble qui regroupe de 6 à 900 paires.
- **Le câble coaxial :** Il se compose d'un conducteur en cuivre, entouré d'un écran mis à la terre. Entre les deux, une couche isolante de matériau plastique. Le câble coaxial a d'excellentes propriétés électriques et se prête aux transmissions à grande vitesse.
- **La fibre optique :** Ce n'est plus un câble en cuivre qui porte les signaux électriques mais une fibre optique qui transmet des signaux lumineux. Convient pour les environnements industriels agressifs et les transmissions sont sur les longues distances. [1]

5. Mode de transmissions :

L'information peut être acheminée en série ou en parallèle. La transmission parallèle est utilisée pour tout échange rapide entre l'unité centrale d'un ordinateur et tous ses circuits internes et certains périphériques se trouvant à proximité de la machine. Par contre, la transmission série est largement utilisé pour la communication entre des équipements se trouvant éloignés les uns des autres. [2]

5.1. Transmission parallèle :

Les bits d'un octet sont transmis simultanément. Utilisé pour des courtes distances, chaque canal ayant tendance à perturber ses voisins la qualité du signal se dégrade rapidement.

5.2. Transmission sérielle :

La liaison nécessite en général 3 fils : émission, réception et masse. Les bits d'un octet sont transmis les uns à la suite des autres.

REMARQUE. — Notre travail va être concentré principalement sur les liaisons séries.

On distingue deux types de transmission série :

- Transmission série synchrone : Les informations sont transmises de façon continue. Un signal de synchronisation est transmis en parallèle aux signaux de données.
- Transmission série asynchrone : Les informations peuvent être transmises de façon irrégulière, cependant l'intervalle de temps entre 2 bits est fixe. Des bits de synchronisation (START, STOP) encadrent les informations de données.

6. Communication sérielle entre deux équipements de données:

Pour établir une communication sérielle entre deux Equipement Terminal de Traitement de Données (ETTD), ou comme connue DTE (Data Terminal Equipement), un certain nombre d'équipement est requis pour le contrôle de communication et l'adaptation des signaux au support de transmission. Si ces deux équipements sont chacun placé dans à un site, un Equipement Terminal de Circuits de Données (ETCD), ou comme connu DCE (Data Communication Equipement), est nécessaire. Ce DCE est généralement un modem. [2]

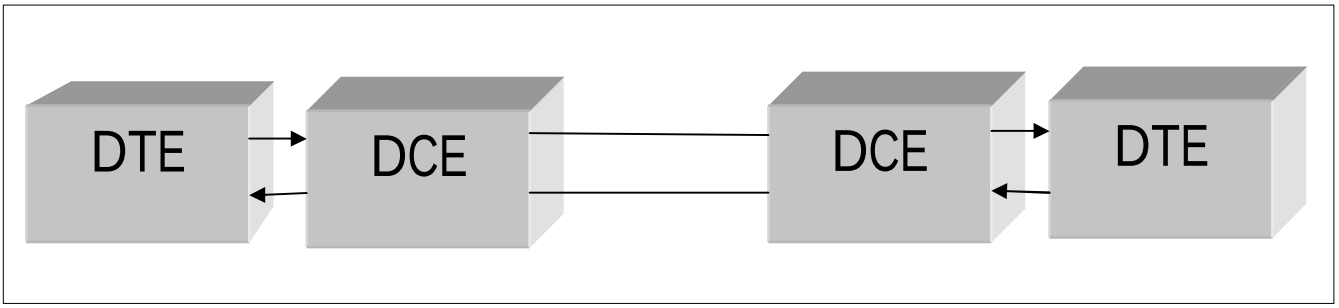


Figure 8. *Communication entre deux équipements de données*

6.1. Les automates programmables industriels :

L'équipement terminal de traitement de données ETTD (DTE : Data Terminal Equipement) dont on a déjà parlé est en général un automate programmable industriel (API).
L'API est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de préactionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques.

6.1.1. Domaines d'emploi des automates :

On utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage ...) ou des chaînes de production (automobile, textiles…). Ils peuvent également assurer des fonctions de régulation industrielle de processus (métallurgie, chimie…). Ils sont de plus en plus utilisés dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes.

6.1.2. Nature des informations traitées par l'automate :

Les informations peuvent être de type :

- **Tout ou rien (T.O.R.) :** l'information ne peut prendre que 2 états (vrai/faux, 0 ou 1). C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir …
- **Analogique :** l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température …)
- **Numérique :** l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent. [3]

6.1.3. Structure :

- **Externe** : Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.
- **Interne** : l'automate est constitué essentiellement de :
  - Module d'alimentation : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.
  - Unité centrale : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (comptage...).
  - Le bus interne : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.
  - Mémoires : elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires qui sont de type PCMCIA.

- Interfaces d'entrées et de sorties :
  - § Interface d'entrée : elle permet de recevoir les informations du S.A.P. ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage…) ce signal tout en l'isolant électriquement (optocouplage).
  - § interface de sortie : elle permet de commander divers préactionneurs et éléments de signalisation du S.A.P. tout en assurant l'isolement électrique.

6.1.4. Fonctionnement :

Toutes les automates fonctionnent selon le cycle suivant (figure 9) :

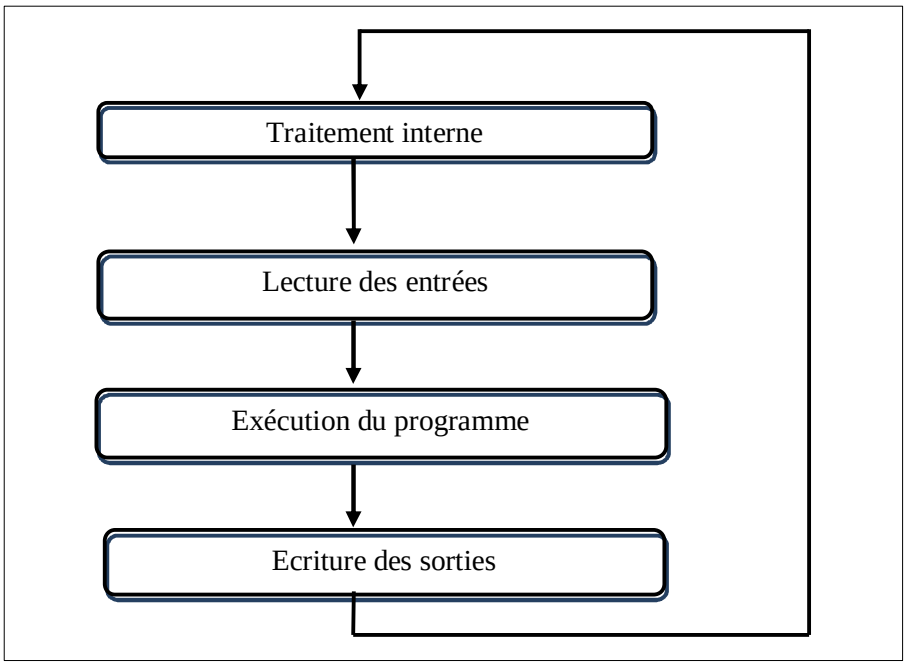


Figure 9. *Cycle de fonctionnement d'un automate*

6.2. Le modem :

Le rôle essentiel des Equipements de Terminaison de Circuits de Données (ETCD), connues souvent sous le nom DCE (Data Communication Equipemant), est d'adapter les signaux binaires des Equipements Terminaux de Traitement de Données (ETTD) aux caractéristiques des lignes de communication. Le DCE est généralement un modem.

Le modem est la contraction de ***mod***ulateur/d***ém***odulateur. Un modem effectue une adaptation de ligne par modulation/démodulation. C'est à tort que l'on parle de « modem bande de base ». [4]

Un modem est caractérisé par:

- La rapidité de modulation,
- Le type de modulation (phase, amplitude, fréquence),
- Le mode de synchronisation (synchrone/asynchrone),
- Le mode d'exploitation (half/full-duplex),
- Le mode de raccordement (jonction avec le coupleur, ligne 2 ou 4 fils ou réseau téléphonique commuté),
- Interface avec l'ETTD,
- Son comportement lors de la connexion (appel /réponse automatique). [7]

7. Protocoles de communication :

Communiquer consiste à transmettre des informations mais tant que les interlocuteurs ne lui ont pas attribué un sens, il ne s'agit que de données et pas d'information. Les interlocuteurs doivent donc non seulement parler un langage commun mais aussi maîtriser des règles minimales d'émission et de réception des données. C'est le rôle d'un protocole de s'assurer de tout cela.

Les protocoles les plus utilisés dans la transmission des informations dans les réseaux de terrain sont les protocoles Profibus, SNP et Modbus. [5]

7.1. Protocole Profibus :

Profibus (Process Field Bus) est le nom d'un type de bus de terrain inventé par Siemens et devenu peu à peu une norme de communication dans le monde de l'industrie.

Le bus PROFIBUS-DP (Decentralised Peripheric) est utilisé pour la commande de capteurs, d'actionneurs ou d'automates programmables par une commande centrale.

Utilisé aussi pour la connexion d'une « intelligence distribuée », donc une mise en réseau de plusieurs commandes une sous l'autre. La transmission des données peut atteindre jusqu'à 12MBit/s sur un câble STP, UTP, FTP. [9]

7.2. Protocole SNP :

Le protocole de la série 90 (SNP) est un protocole de communication série employé dans la famille GE-Fanuc pour communiquer entre un dispositif serveur et le contrôleur programmable par l'intermédiaire d'un port série sur l'automate. SNP est un protocole Maître/esclave où le maître lance toutes les communications et l'esclave répond aux demandes du maître. Il n'y a aucune possibilité de consultation réciproque avec le protocole de SNP.

SNP est un protocole semi-duplex qui emploie l'interface électrique RS-485. Plusieurs configurations système sont possibles. Il peut y avoir juste un API sur le support (point à point), ou il peut y avoir plusieurs (multi points). Seulement un maître SNP peut être sur un réseau. SNP soutient également la communication via modems. [9]

7.3. Protocole MODBUS :

Le protocole MODBUS consiste en la définition de trames d'échange. Le maître envoie une demande et attend une réponse. Deux esclaves ne peuvent dialoguer ensemble. Le dialogue maître - esclave peut être schématisé sous une forme successive de liaisons point à point (figure 10). [11]

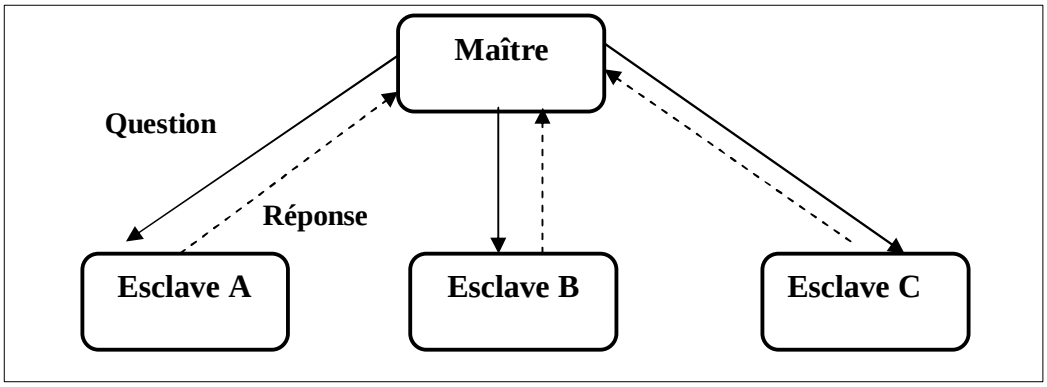


Figure 10. *Dialogue maître esclave*

7.3.1. Adressage :

Les abonnés du bus sont identifiés par des adresses attribuées par l'utilisateur. L'adresse de chaque abonné est indépendante de son emplacement physique. Les adresses vont de 1 à 64 et ne doivent pas obligatoirement être attribuées de manière séquentielle. Deux abonnés ne peuvent avoir la même adresse.

7.3.2. Echange maître vers un esclave :

Le maître interroge un esclave de numéro unique sur le réseau et attend de la part de cet esclave une réponse (figure 11).

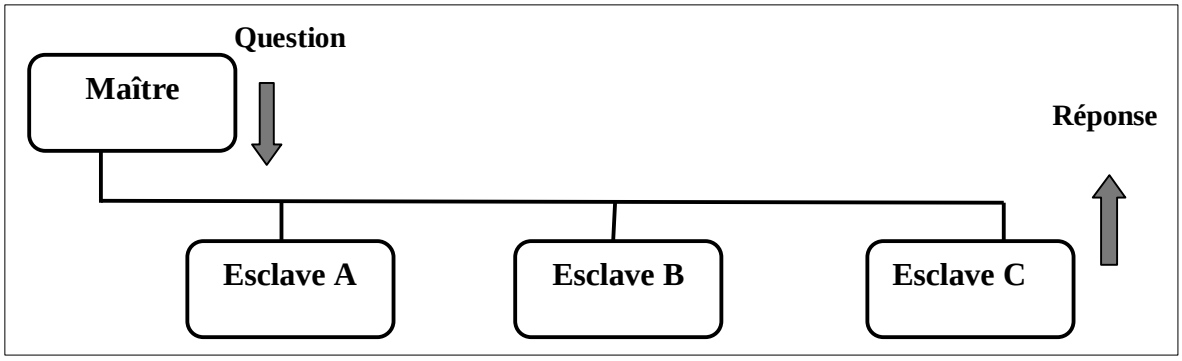


Figure 11. *Echange maître vers 1 esclave*

7.3.3. Echange Maître vers tous les esclaves :

Le maître diffuse un message à tous les esclaves présents sur le réseau, ceux-ci exécutent l'ordre du message sans émettre une réponse (figure 12).

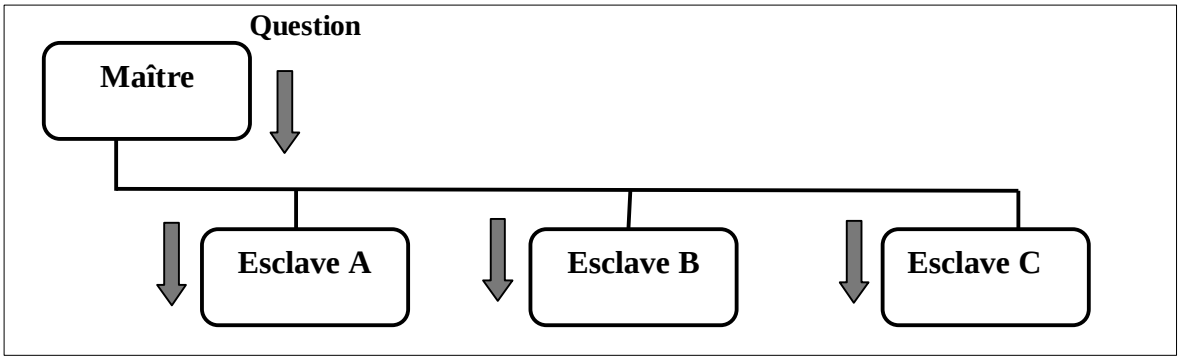


Figure 12. *Dialogue maître vers tous les esclaves*

7.3.4. Trame d'échange question/réponse :

- **La question :** Elle contient un code fonction indiquant à l'esclave adressé quel type d'action est demandé. Les données contiennent des informations complémentaires dont l'esclave a besoin pour exécuter cette fonction. Le champ octets de contrôle permet à l'esclave de s'assurer de l'intégralité du contenu de la question (Tableau 1).

N° d'esclave	Code fonction	Information spécifique concernant la demande	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	n octet	2 octet

Tableau 1. *Trame de question en Modbus*

- **La réponse :** Elle sera de la forme suivante (Tableau 2) :

N° d'esclave	Code fonction	Données reçus	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	n octet	2 octet

Tableau 2. *Trame de réponse en Modbus*

Si une erreur apparaît, le code fonction est modifié pour indiquer que la réponse est une réponse d'erreur. Les données contiennent alors un code (code d'exception) permettant de connaître le type d'erreur. Le champ de contrôle permet au maître de confirmer que le message est valide (Tableau 3).

N° d'esclave	Code fonction	Code d'exception	Mot de contrôle
1 octet	1 octet	1 octet	2 octet

Tableau 3. *Trame de réponse erronée en Modbus*

7.3.5. Format général d'une trame :

Deux types de codage peuvent être utilisés pour communiquer sur un réseau Modbus. Tous les équipements présents sur le réseau doivent être configurés selon le même type.

- **Type ASCII :** Chaque octet composant une trame est codé avec 2 caractères ASCII (2 fois 8 bits) comme indiqué dans le tableau suivant :

Start	Adresse	Fonction	Données	LRC	END
1 caractère	2 caractères	2 caractères	n caractères	2 caractères	2 caractères

Tableau 5. *Trame Modbus codé en ASCII*

- **Type RTU :** chaque octet composant une trame est codé sur 2 caractères hexadécimaux (2 fois 4 bits) comme indiqué dans le tableau suivant :

Start	Adresse	Fonction	Données	CRC	END
Silence	1 octet	1 octet	n octets	2 octets	Silence

Tableau 6. *Trame Modbus codé en RTU*

La taille maximale des données est de 256 octets. Le mode ASCII permet d'avoir des intervalles de plus d'une seconde entre les différents caractères sans que cela ne génère d'erreurs, alors que le mode RTU permet un débit plus élevé pour une même vitesse de transmission.

7.3.6. Support de transmission :

Chaque octet composant un message est transmis en mode RTU de la manière suivante (Tableau 7):

Sans contrôle de parité									
Start	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Stop
Avec contrôle de parité									
Start	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Parité	Stop

Tableau 7. *Octet transmis en Modbus RTU*

Avant et après chaque message, il doit y avoir un silence équivalent à 3,5 fois le temps de transmission d'un mot (figure 12). [9]

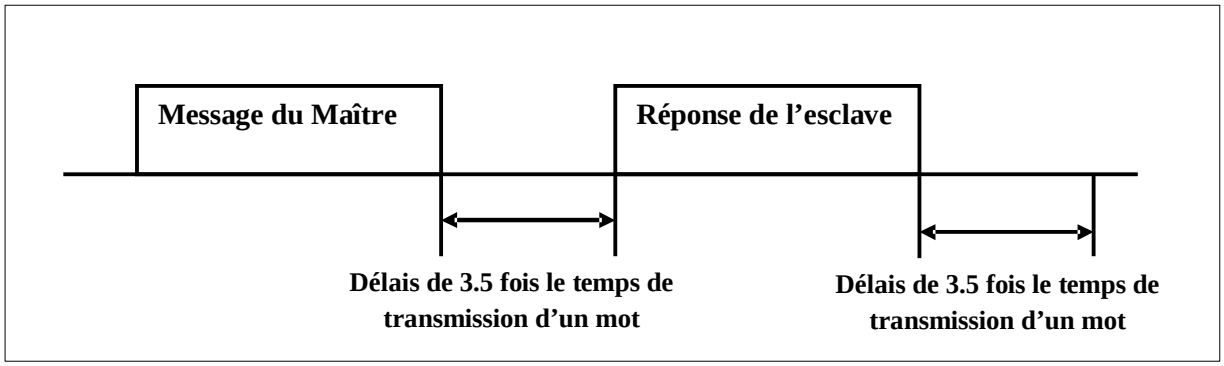

Message du Maître
Réponse de l'esclave
Délais de 3.5 fois le temps de transmission d'un mot
Délais de 3.5 fois le temps de transmission d'un mot

Figure 13. *Délais de silence entre question-réponse*

La liste des principales fonctions Modbus est présentée comme suit (Tableau 8) :

CODE	FONCTION
01	Lecture de N bits de sortie
02	Lecture de N bits d'entrée
03	Lecture de N mots de sortie
04	Lecture de N mots d'entrée
05	Ecriture d'un bit de sortie
06	Ecriture d'un mot de sortie
07	Lecture d'un statu d'exception
08	Diagnostic
09-10	non utilisé
11	Lecture du compteur d'évènements
12	Lecture évènements connexion
13-14	non utilisé
15	Ecriture de N bits de sortie
16	Ecriture de N mots de sortie
17	Identification esclave

Tableau 8. *Les différentes fonctions en Modbus*

8. Interfaces de communication :

Pour établir une communication entre deux équipements de données, en plus du protocole de communication, il faut un support physique pour le transport de données ; c'est le moyen de transport d'informations. Selon la norme EIA (Electronic Industry Associate), on distingue principalement deux normes ; la norme V28 (RS-232) et la norme V11 (RS-485 et RS-422). [15]

8.1. La liaison RS232 :

Elle est connue sous le nom « Norme V28 ». C'est une liaison série asynchrone c'est-à-dire pas d'horloge commune entre l'émetteur et le récepteur. On distingue différentes vitesses normalisées : 9600, 4800, 2400, 1200 b/s. Elle est utilisée dans les ordinateurs et plus particulièrement dans les communications locales d'équipements.

La communication peut se faire dans les deux sens (duplex), soit émission d'abord, puis réception ensuite (half-duplex), soit émission et réception simultanées (full-duplex). Des bits supplémentaires sont indispensables au fonctionnement : bit de début de mot (Start), bit(s) de fin de mot (Stop). D'autre part, l'utilisation éventuelle d'un bit de parité, permet la détection d'erreurs dans la transmission. La longueur de câble maximale : de 30 à 60 m. [14]

8.2. La liaison RS485 :

Elle est connue sous le nom « Norme V11 ». C'est une liaison utilisée dans les systèmes de contrôle et en mode multipoint. Son mode de connexion est similaire à l'Ethernet. Le taux de transfert est en général de 2,5Mbit/s. Généralement, ce système utilise le principe maître/esclave. Chaque esclave se voit attribuer une adresse et répond lorsqu'un message lui attribué. Deux versions existent : 1 ou 2 paires torsadées. Sur la première version, 1 paire torsadée, tous les appareils doivent disposer d'une sortie 3 états (actif, inactif, haute impédance) pour ne pas créer de conflits. Avec la deuxième version 2 paires torsadées, le maître n'a pas besoin de sortie trois états puisqu'il émet sur une des lignes. L'autre ligne est réservée pour l'émission des esclaves. Longueur max de câble : jusqu'à 1200m. Possibilité de connecter plusieurs appareils sur la même ligne de transmission. RS422 utilise le même principe que le RS485 mais est plutôt utilisé pour les liaisons point à point comme le RS232. [12]

Chapitre II

Choix du matériel

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons décrire l'architecture de la nouvelle installation et les différents choix du matériel.

1. Description de l'installation :

Le nouveau système est composé d'un automate maître dirigeant dix automates esclaves éparpillés sur la ligne 22 du métro SAHEL.

L'automate maître se situe au poste principal H.Bourgiba à Monastir. Les autres automates, esclaves, se trouvent dans des postes secondaires sur deux lignes :

- Ligne Monastir-Mahdia sur une distance de 38 km comportant les postes : Faculté, Séparation, Khsibet, Moknine et Baghdadi.
- Ligne Monastir-Sousse Sud sur une distance de 20.6 km comportant les postes : Faculté, Séparation, Khsibet, Moknine et Baghdadi.

L'automate maître doit gérer les autres automates à travers un réseau Modbus RTU multipoints sur une ligne privée. Le fil est en cuivre, en paire torsadé de diamètre 0.9 mm. Puisque la distance qui sépare les postes est importante (à l'ordre de quelques km), on va utiliser des modems afin d'assurer la transmission sur cette grande distance. Dans chaque poste on va installer une armoire comportant un automate lié à un modem et un tableau synoptique en dehors. Cet automate est toujours en dialogue avec l'automate maître, elle effectue la lecture cyclique des entrées, et elle effectue l'opération d'écriture si une commande est présente.

REMARQUE. — La SNCFT exige dans le cahier des charges une distance de transmission (vers les deux directions) de 50 Km pour une éventuelle extension de la ligne.

2. Choix du modem :

Le rôle du modem est de transmettre les informations de l'automate maître vers les automates esclaves ou vice versa à travers la ligne. On a considéré une portée de transmission 50 km et un débit de transmission de 2400 b/s.

En général, le choix du modem est lié à plusieurs contraintes tels que :

- Le débit de transmission
- La portée maximale
- La nature et le nombre des liaisons qu'il supporte (RS-232, RS-485 ou RS-422)
- Le coût
- La disponibilité

Pour avoir la solution la plus adapté, nous avons choisis, en premier lieu, trois différents modems dont notre choix final sera parmi eux.

2.1. ETIC MDM-192 :

Le modem numérique MDM-192 permet à un ensemble d'équipements tels que les automates programmables, d'échanger des données sur une ligne privée à 2 fils sur une distance importante.

Figure 14. *Modem ETIC MDM-192*

La transmission est de type half-duplex point à point ou multipoints sur une paire torsadée blindée (***jusqu'à 30 Km*** selon la qualité du câble et le nombre de modems connectés à la ligne). Ce modem présente une interface locale RS232, RS422 et RS485 de 1200, 2400, 4800, 9600 ou 19200 bits/s, utilisant 7 ou 8 bits avec ou sans parité, 1 bit de START, 1 ou 2 bits de STOP. Le modem MDM-192 peut se raccorder sur un bus RS485 comprenant au plus 16 équipements. Les équipements raccordés doivent être placés à moins de 100 m du modem. Le modem MDM-192 permet la transmission des protocoles PROFIBUS DP, MODBUS, UNITELWAY, DF1, DH485, SYSMACWAY... [20]

Ce modem fonctionne sur tout type de ligne à 2 fils. Cependant, son fonctionnement est optimal lorsqu'il est utilisé sur une ligne blindée de 2 fils torsadés de manière à éviter de capter le bruit et de provoquer de la diaphonie.

Le nombre de modems raccordables à une même ligne dépend :

- Du débit de transmission souhaité
- De la portée souhaitée
- De la qualité du câble

La portée du modem dépend du débit de transmission, du type du câble et du nombre de modems raccordés à la ligne. [21]

Porté de transmission					
Porté pour 2 modems raccordés à la ligne					
Diamètre de câble en mm (50 nF/km)					
Débit	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.8**	**1**
1200 b/s	13 km	16 km	20 km	26 km	34 km
2400 b/s	13 km	16 km	20 km	26 km	34 km
4800 b/s	13 km	16 km	20 km	26 km	34 km
9600 b/s	10 km	12 km	5 km	20 km	25 km
19200 b/s	6 km	7 km	9 km	12 km	15 km
Porté pour 8 modems raccordés à la ligne					
Diamètre de câble en mm (50 nF/km)					
Débit	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.8**	**1**
1200 b/s	12 km	14 km	18 km	24 km	29 km
2400 b/s	12 km	14 km	14 km	24 km	29 km
4800 b/s	12 km	14 km	14 km	24 km	29 km
9600 b/s	9 km	11 km	13 km	18 km	22 km
19200 b/s	5 km	6 km	7 km	10 km	12 km
Porté pour 16 modems raccordés à la ligne					
Diamètre de câble en mm (50 nF/km)					
Débit	**0.4**	**0.5**	**0.6**	**0.8**	**1**
1200 b/s	11 km	13 km	16 km	22 km	26 km
2400 b/s	11 km	13 km	16 km	22 km	26 km
4800 b/s	11 km	13 km	16 km	22 km	26 km
9600 b/s	7 km	9 km	11 km	15 km	18 km
19200 b/s	4 km	5 km	6 km	9 km	11 km

Tableau 9. *Porté d'ETIC par nombre de modem et du diamètre de câble*

2.2. MuLOGIC BBM-384 :

MuLOGIC BBM-384 est un modem de base pour le fonctionnement synchrone et asynchrone, à des débits de données allant de 225 bps à 38,4 Kbps. Il fournit des données fiables sur des câbles à paire torsadée. Le modem est conçu pour fonctionner dans une variété de configurations réseau comme point-à-point et multipoint.

Le BBM-384 peut avoir ***un porté arrivant à 50 km*** avec des câbles en cuivre ayant comme diamètre ***0,5 mm***. La véritable distance obtenue pour une application spécifique varie selon le taux de transfert des données et le diamètre du fil utilisé. [17]

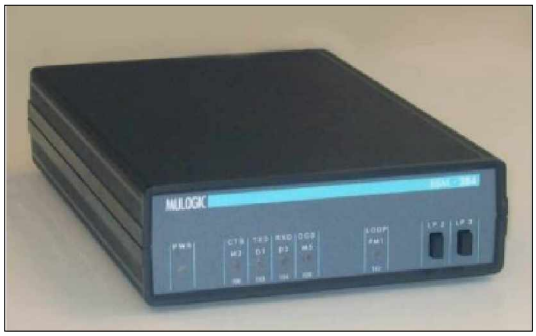


Figure 15. *Modem MuLOGIC MDM-192*

La modulation est de type différentiel biphasé, standard et alternatif. Le fonctionnement est synchrone et asynchrone, en topologie point à point ou multipoint. La transmission est de type hlaf-duplex sur des lignes de 2 ou 4 fils ou full-duplex sur des lignes de 4 fils. Le BBM-384 supporte les protocoles Modbus RTU et SNP. Il contient un seul port RS-232.

Débit	Cuivre de diamètre 0,5 mm	Cuivre de diamètre 0,9 mm
38400 bit/s	7 km	14 km
19200 bit/s	11 km	22 km
14400 bit/s	12 km	24 km
9600 bit/s	15 km	30 km
7200 bit/s	17 km	34 km
4800 bit/s	21 km	42 km
3600 bit/s	24 km	48 km
2400 bit/s	28 km	57 km
1800 bit/s	32 km	65 km
1200 bit/s	36 km	73 km
900 bit/s	41 km	83 km
600 bit/s	51 km	103 km

Tableau10. *Porté du BBM en fonction du débit et diamètre du câble*

2.3. Westermo TD-23 :

Le modem Westermo TD-23 est conçu pour répondre aux exigences de l'industrie en matière de fiabilité et de fonctionnement dans des environnements à haut niveau d'interférences. Il prend en charge les lignes louées à 2 comme à 4 conducteurs.

Tout appareil doté d'une interface RS-232 ou RS-422/485 peut être lui raccordé (liaison point à point ou multipoint). Ce modem est doté de commutateurs DIP permettant la sélection de diverses fonctions telles que sensibilité de réception, niveau de sortie, etc…

Figure 16. *Modem Westermo TD-23*

Il est ainsi possible de l'optimiser en fonction de la qualité de la ligne utilisée. Selon un calcul général, une ligne de 25 km peut prendre en charge jusqu'à 16 modems. Le TD-23 est conçu pour installation sur rail DIN de 35 mm (montage par encliquetage). [19]

Les caractéristiques générales du modem sont :

- Débit : 1200 bit/s (V.23)
- 2 conducteurs (semi-duplex), 4 conducteurs (duplex intégral)
- Nombre de connexions multipoint : 16 (valeur standard)
- Porté de transmission : ***jusqu'à 25 km***
- Niveau de sortie réglable
- Sensibilité de réception réglable
- Protection contre les transitoires côté ligne
- Alimentation électrique courant alternatif/continu
- Sortie de relais optionnelle asservi par la porteuse

2.4. Choix adéquat du modem :

Voici un tableau comparatif dont on a rassemblé les informations liés directement au choix du modem :

Modem	**MuLOGIC BBM-384**	**ETIC MDM-192**	**WESTERMO TD-23**
Porté	50 km	30 km	25 km
Ports existants	Un port RS-232	Un port RS-232	Un port RS-232
	Pas de port RS-485	Un port RS-485	Un port RS-485
	Pas de port RS-422	Un port RS-422	Un port RS-485

Tableau 11. *Comparaison des modems*

Le modem adéquat doit avoir un porté de 50 km. Il doit comporter au moins un port RS-485 pour la liaison modem-automate et un port RS-232 pour des raisons qu'on va citer.

Puisque aucun des modems ne vérifie ces conditions, on était obligé à chercher une solution à ce problème pour respecter les spécifications techniques. Pour résoudre le problème de porté, on peut citer principalement deux solutions :

- On met des modems en dos à dos avant arriver à la portée maximale (figure 17).

- on installe un répéteur pour régénérer le signal.

Puisque le prix du répéteur est moins cher que celui des modems, on a voulu installer un répéteur. Mais, malheureusement, cette solution n'est pas supportée par le cahier des charges. On a pris alors décision d'adopter la solution indiqué sur la figure suivante (figure 17).

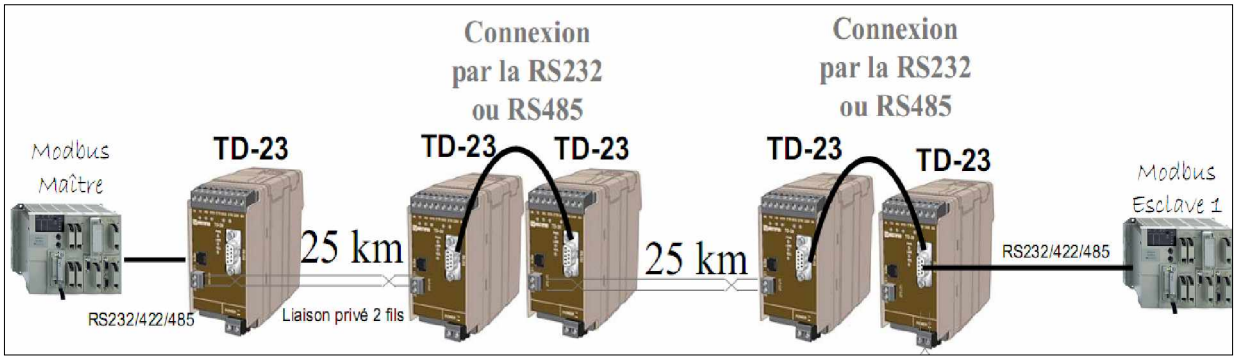


Figure 17. *Modems en dos à dos*

REMARQUE. — La liaison entre deux modems en dos à dos se fait à l'aide d'une liaison RS-232.

En tenant compte des contraintes suivantes :

- disponibilité des liaisons ; RS-485 pour la liaison modem-automate et RS-232 pour les liaisons des modems en dos à dos.

- portée du modem

- prix et disponibilité dans le marché

Le choix adéquat était finalement d'installer des modems de la marque ETIC MDM-192.

3. Choix des automates :

Dans notre système de télégestion, on a besoin d'un automate maître (master) et dix autres automates esclaves (slaves). L'automate maître doit être de hautes performances pour gérer tous ce processus (nombre d'E/S important, capacité relativement importante…). Cet automate sera installé dans le poste de H.Bourgiba qui est le poste de commande et de supervision.

Les automates esclaves seront de tailles et de performances réduites par rapport à l'automate maître mais ils doivent répondre aux besoins techniques.

En général le choix de l'automate est lié à :

- Le nombre des entrées et des sorties
- Les types des entrées et les types des sorties
- Type et disponibilité des ports de communication (RS232 et RS-485)
- Tension d'alimentation
- Possibilité d'extension
- Mémoire interne

Sur le marché international, plusieurs firmes telles que GE-Fanuc, Siemens ou Mitsubishi Electric proposent une variété d'automates. Ces produits sont de plus en plus performants de coté communication.

Nous avons choisie la marque GE-Fanuc pour les raisons suivantes :

- Disponibilité sur le marché Tunisien
- Produit moins coûteux pour des qualités concurrentielles
- Les modèles d'automates compacts sont extensibles
- Expérience développée avec les produits GE-Fanuc au sein de l'entreprise BEMAI
- License acquise pour les logiciels GE-Fanuc utilisés.

Nous avons choisis comme automate maître l'automate « PACSystems RX3i » et comme automates esclaves « VersaMax Micro-64 ».

3.1. Automate Maître:

L'automate «PACSystems RX3i» est le tout dernier-né de la famille innovatrice PACSystems de contrôleurs d'automatisation programmable. Il possède un moteur de contrôle unique et un environnement de programmation universel afin permettre un transfert des applications vers de multiples plateformes matérielles. L 'automate «PACSystems RX3i» offre un niveau plus élevé de fonctionnalités d'automatisation dans un boîtier compact et rentable. Le moteur de contrôle du « PACSystems » offre une performance élevée sur plusieurs plates-formes différentes, ce qui donne aux constructeurs de matériel et aux utilisateurs la possibilité de choisir l'équipement qui convient exactement à leurs besoins. [25]

Figure 18. *GE-Fanuc PACSystems RX3i*

3.1.1. Caractéristiques du PACSystems RX3i:

- Processeur à grande vitesse et technologie brevetée pour un débit plus rapide sans goulot d'étranglement : processeur Céléron de 300 MHz pour une programmation avancée et une meilleure performance.

- Deux types de connecteurs (bus) sur fond de panier par emplacement (slot) :

    - Haute vitesse, basé sur le bus PCI pour un débit rapide compatible avec les nouveaux modules d'E/S.

    - Connecteur compatible avec les E/S existantes de l'automate Séries 90-30.

- 10 Mo de mémoire : programme automate + données + configuration mais aussi possibilité d'y stocker des fichiers documentation sur la machine (Word, Excel, PDF, CAD et autres fichiers) afin de réduire le temps d'indisponibilité et d'améliorer le dépannage.

- Supports de communication ouverts incluant Ethernet, GENIUS, Profibus, DeviceNet et port série.

- Prise en charge les signaux d'E/S :

    - discrets de haute densité.

    - analogiques universels (TC, RTD, jauge de contrainte, tension et courant configurable par canal).

    - analogiques isolés.

    - analogiques de haute densité.

    - compteur haute vitesse et modules d'axes.

- E/S avec des caractéristiques étendues pour un traitement plus rapide, des diagnostics avancés et des interruptions configurables.

- Insertion à chaud des modules (anciens et nouveaux modules).

- 24 VCC isolé disponible pour les modules d'E/S et barre de mise à la terre (réduit le câblage pour l'utilisateur). [26]

3.1.2. Environnement de développement:

La plate-forme logicielle est commune à tous les contrôleurs de GE-Fanuc, le logiciel primé « Proficy Machine Edition », offre un environnement de développement universel pour la programmation, la configuration et les diagnostics de tous les produits de la famille PACSystems.

3.2. Automates Esclaves:

3.2.1. Caractéristiques du VersaMax Micro-64 :

L'automate VersaMax Micro-64 est le dernier système de commande de « GE-Fanuc Automation » conçu avec la même haute qualité que la gamme automate micro VersaMax. Cette qualité de conception garantie une fiabilité accrue et réduit au minimum le coût de maintenance. Pour simplifier la modification de programmes utilisateur, un module mémoire externe permet le téléchargement des derniers changements de programme sans besoin d'un PC. [29]

Figure 19. *GE-Fanuc VersaMax Micro-64*

Le VersaMax Micro-64 micro fournit une solution complète pour les besoins d'automatisation. Il accepte un éventail important de modules d'extension d'E/S Tor, analogiques et une variété d'options de communications. GE Fanuc offre également de nombreuses solutions d'interfaces d'opérateur et système Motion en relation directe avec le Micro 64.

Processeur Type/Vitesse	32-bit RISC processeur (SH 7043), 28Mhz
Allocations Mémoires	Mémoire Totale
Nombre d'E/S supportées	64 E/S SUR LA BASE CPU (40E/24S) et jusqu'à 4 Extensions d'E/S. maximum de 176 E/S physiques.
Langages	Schéma à contacts et List
Compteur Rapide	Jusqu'à 4 type A et 1 A QUAD B à 100Khz.
Sortie Train d'ondes/PWM	Jusqu'à 4 sorties / PWM à
Rampe	Sélection de base de 10 impulsions /seconde jusqu'à 1 000 000/S²

Tableau 12. *Caractéristique du VersaMax Micro-64*

3.2.2. Environnement de développement:

Le VersaMax Micro-64 est simple d'utilisation et de programmation. De même que l'automate maître, le logiciel « Proficy Machine Edition Logic Developper » PDA nous permet de connecter un dispositif de Palm handheld au VersaMax Micro-64. Avec Logic Developper PDA on peut analyser, modifier les données, diagnostiquer, forcer (on/off) et accéder au setup de configuration.

3.2.3. Problèmes liés à VersaMax Micro-64 :

Le schéma de la figure 20 renseigne sur la composition de cet automate.

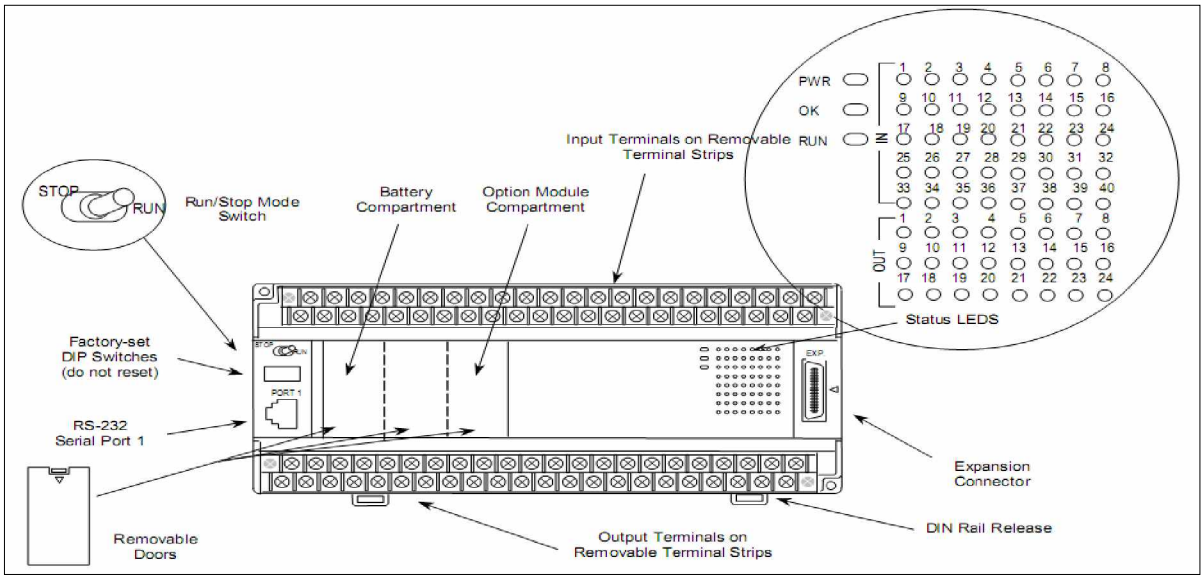


Figure 20. *Composition de VersaMax*

Comme indiqué sur la figure 20, l'automate VersaMax contient un port RS-232 sur un connecteur RJ-45 (figure 21). [27]

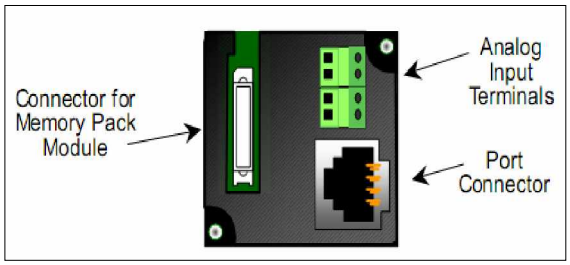


Figure 21. *Port RS-232 dans VersaMax*

Malheureusement, ce port présente un problème qui a des connexions manquantes comme indiqué sur la figure 22.

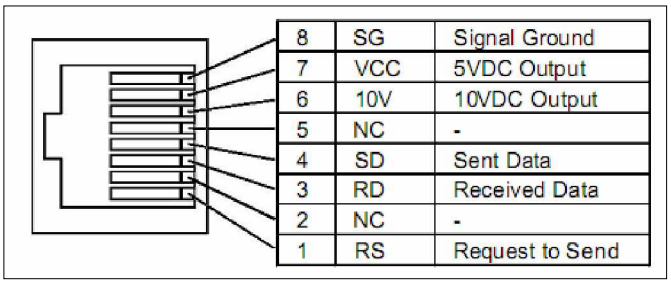


Figure 22. *Connexions aux bornes du port RS-232*

Pour résoudre ce problème, on a installé un module optionnel comportant un port RS-485. [30]

Chapitre III

Programmation et Câblage

Introduction :

Dans ce chapitre, on présentera le logiciel de programmation des automates ; sa structure et ses composants. Ensuite, on énumérera les différents entrés/sorties des différentes stations. Puis, on présentera la structure du programme et on mettra l'accent surtout sur le bloc principal de communication « CommReq ». Enfin, on donnera une idée sur le câblage des automates et la conception des armoires supportant le matériel.

1. Logiciel de programmation :

Afin de programmer les automates, on a utilisé le logiciel professionnel « Proficy Machine Edition » de la firme GE-Fanuc.

1.1. Présentation :

Proficy Machine Edition de GE Fanuc constitue une percée dans les logiciels d'automatisation possédant une IHM (interface homme machine), un contrôle de déplacement et un contrôle multi-cibles dans un environnement de développement intégré. Cet environnement offre une interface utilisateur commune, une fonction d'édition glisser-déposer ainsi qu'un vaste ensemble d'outils de développement. Proficy Machine Edition comprend tous les composants logiciels d'automatisation dont l'utilisateur a besoin pour réduire la complexité de programmation, de configuration, de mise en service, de supervision et d'entretien. [32]

Figure 23. *Proficy Machine Edition*

1.2. Composants du logiciel :

- Interface IHM/opérateur « Proficy View » : Une IHM spécifiquement conçue pour répondre aux besoins de l'interface de l'opérateur au niveau de la machine et des exigences de l'IHM. Elle offre une connectivité à distance et un soutien aux clients légers pour le diagnostic et la supervision des données. Comprend un soutien pour Quick Panel, Quick Panel View et Windows.

- Programmation d'API « Proficy Logic Developer-API » : Programme et configure tous les API de GE Fanuc et les contrôleurs d'automatisation programmables.

- Programmation de déplacement « Proficy Motion Developer »: Programme et configure les contrôleurs de déplacement S2K de GE Fanuc.

- Contrôle PC « Proficy Logic Developer-PC » : Un développement éprouvé basé sur PC et un système de temps d'exécution offrant les 5 langages de programmation:

    - Schéma à relais (Ladder Diagram)
    - Texte structuré (Structured Text)
    - List d'instruction (Instruction List)
    - Diagramme de bloc de fonction (Function Block Diagram)
    - Grafcet (Sequential Function Charts) [33]

REMARQUE. — Il est à noter que dans notre cas on a utilisé le langage Ladder Diagram.

1.3. Interface graphique :

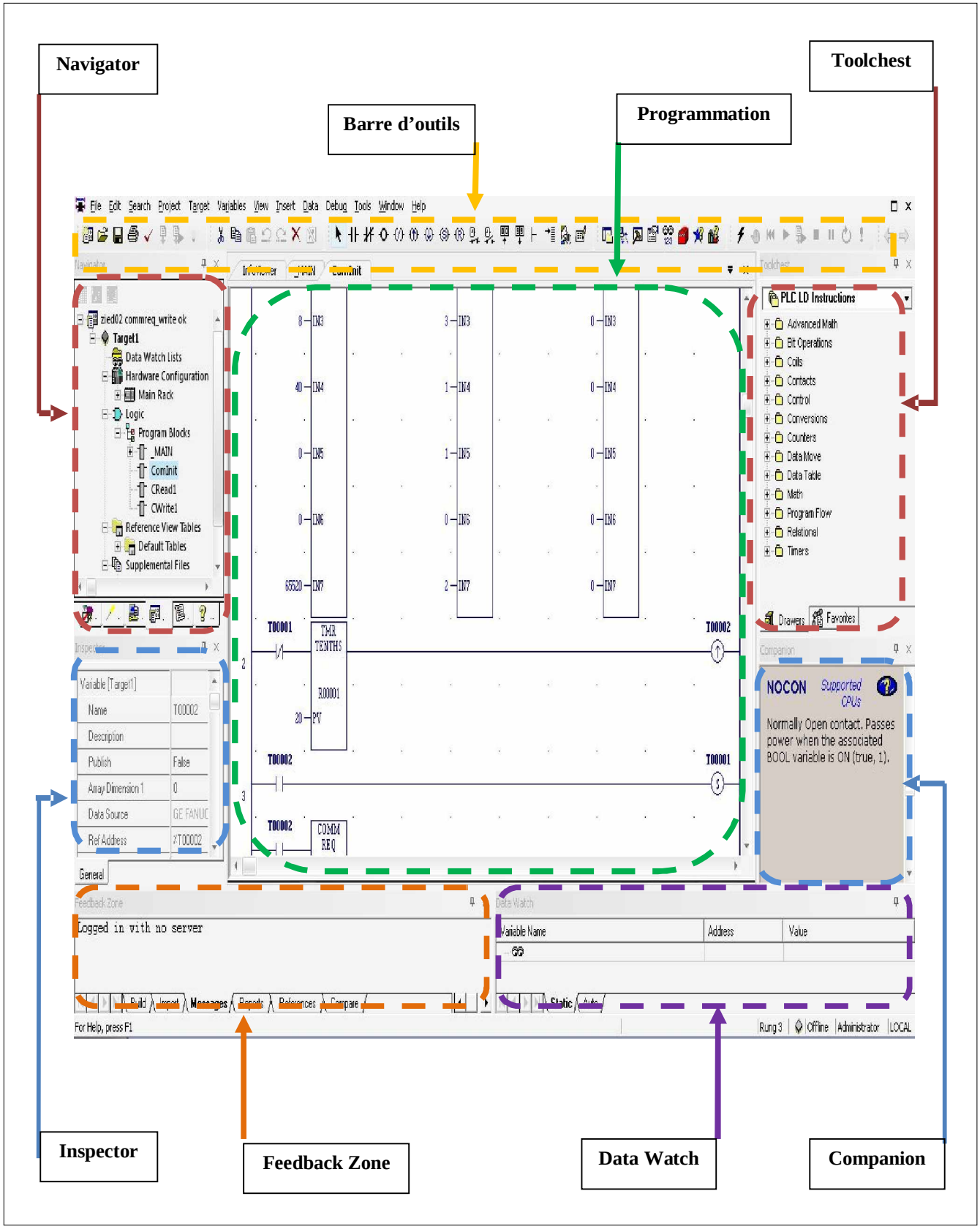


Figure 24. *Interface graphique de Proficy*

- ***Navigator* :** permet d'accéder aux différents composants de l'automate tel que le processeur, les différents entrées/sorties, compteurs rapides et différents racks. Il permet aussi d'accéder aux différents types de mémoires, des variables et des blocs de programmation. Il est utilisé comme interface d'exploration du projet.
- ***Barre d'outils :*** contient des raccourcis de différentes fonctions telles que création des nouveaux projets, les fonctions d'éditions (copier /coller)…
- ***Programmation :*** c'est l'espace de programmation avec les différents langages de programmation tels que Grafcet et Instruction List.
- ***Toolchest :*** contient les blocs de fonctions prêtes à configurer comme les fonctions mathématiques, de manipulations des variables, les différentes Timers pour les différents langages de programmation.
- ***Inspector :*** donne une information sur la variable souhaitée tels que son type, son nom et sa valeur.
- ***Feedback Zone :*** contient les résultats de compilation, les erreurs commises avec leurs types et leurs positions.
- ***Data watch :*** donne information sur la variable souhaité en cours de compilation.
- ***Companion :*** contient l'aide sur la zone sélectionné. Pour avoir de l'aide détaillé, on peut consulter le ***InfoViewer*** qui est généralement caché derrière la zone de programmation.

2. Relevé des entrées et des sorties :

Afin de programmer chaque automate, on a collecté les entrées et les sorties de chaque station (le nombre, le type). Nous avons utilisé quelques documents et schémas provenant de la SNCFT. Une visite effectué par notre équipe nous a beaucoup aider dans le collecte des informations.

REMARQUE. — Il est à noter que les sorties du poste de H.Bourgiba sont les entrées des autres postes et vice versa.

2.1. Types d'entrées et des sorties :

2.1.1. Entrées :

On peut diviser les entrées en deux types : TOR et Analogiques.

- ***Entrées TOR*** :
  - ***La commande locale*** : L'opérateur sur site peut, pendant une intervention d'entretien, isoler sa station en commande locale. D'où le superviseur, présent au poste général, ne peut pas commander le site en commande locale.
  - ***Commande partielle*** : Elle permet à l'opérateur d'isoler une partie de la station pour y intervenir. De cette façon, le reste de la station est à la disposition du superviseur en commande distante.
  - ***Etats des interrupteurs*** : Les interrupteurs H.T délivrent leurs états (ouvert /fermé). En les récupérant, on peut s'assurer que la commande était bien émise et reçue.
  - ***Etats des sectionneurs*** : Pareil aux interrupteurs.
  - ***Etats des disjoncteurs*** : Pareils aux interrupteurs.
  - ***Présence tension*** : Cette information est délivrée par un transformateur à faible puissance indiquant la présence de tension sur la ligne en question. Une telle information est fondamentale pour la détection des défauts au niveau de la ligne électrifiée.
  - ***Alarmes*** : Il existe 28 types d'alarme à récupérer, qui diffèrent d'une station à une autre. La diversité permet de mieux spécifier les alarmes déclenchées pour le superviseur. On peut citer parmi ces alarmes : alarme gaz disjoncteur, alarme gaz interrupteur, alarme incendie, alarme défaut de communication, alarme service aux C.C , alarme service aux C.A…
- ***Entrées Analogiques*** : relève des différents courants et tensions telle que la tension du STEG.

2.1.2. Sorties :

Les sorties à relever sur les stations sont ; la commande des interrupteurs: Les interrupteurs peuvent être commandés localement ou à distance. Ils sont commandés en ouverture et en fermeture. De même pour la commande des sectionneurs et des disjoncteurs.

On a divisé les entrées/sorties en celles de la Sous Station Electrique et celles des autres stations. Car, cette dernière est la seule qui diffère des autres.

2.2. Relève des entrées sorties pour la Sous Station Electrique :

La sous station électriques alimente la ligne électrique du métro. Cette station comporte un nombre important d'équipement. Dans le tableau suivant nous précisons le nombre des variables selon leurs son types. Nous avons introduit un nombre supplémentaire d'entrées et de sorties pour une future extension au niveau des équipements de la station.

	Sous Station Electrique	
	Désignation	**Nombre**
Entrées TOR	Commande Locale	1
	Commandes partielles	10
	Etat interrupteurs	5
	Etat Sectionneurs	10
	Etat Disjoncteur	4
	Présence tension	5
	Alarmes	20
	+25% extension	20
	Total	75
Entrées Analogues	Tension STEG	1
	Tension sortie T1	1
	Tension sortie T2	1
	Courant sortie T1	1
	Courant sortie T2	1
	Total	5
Sorties	Commande Disjoncteurs	6
	Commande Interrupteurs	10
	Commande Sectionneurs	12
	+25% extension	28
	Total sorties TOR	36

Tableau 13. ***Entrées/Sorties de la S.S. Electrique***

2.3. Relève des entrées sorties pour les stations :

Après l'énumération des entrées/sorties de la sous station électrique, on a rassemblé dans ce tableau les entrées et les sorties des autres stations. Le nombre des entrées et des sorties pour les stations est réduit par rapport à la sous station électrique. Il varie d'une station à une autre selon le nombre d'équipements (interrupteur, sectionneurs, détecteur de tension…). On a aussi pris compte des futures extensions.

		Sousse Sud	**Zone Industrielle**	**Les Sahline**	**Aéroport Skanes**	**Faculté**	**Section de Séparation**	**Ksibet**	**Moknine**	**Baghdadi**
Entrées	Commande locale	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Commandes partielles	8	2	7	3	5	4	5	5	1
	Etats interrupteurs	7	2	4	2	5	4	5	5	2
	Etats sectionneurs	4	0	3	2	4	4	3	4	0
	Présence tension	3	2	2	2	4	4	2	3	5
	Alarme	9	5	8	8	8	8	8	9	3
	+%Extension	8	4	7	5	8	7	8	8	
	Total	40	16	32	23	35	32	24	35	12
Sorties	Commandes interrupteurs	14	8	6	8	6	10	10	10	2
	+%Extension	3	2	4	2	3	3	3	3	2
	Total	17	8	12	8	13	13	13	13	4

Tableau 14. *Entrées/ Sorties pour les postes*

3. Programme de communication :

Comme déjà mentionné avant, on a utilisé le Ladder Diagram pour la programmation dans le logiciel « Proficy Machine Edition ».

L'automate maître est situé à la station H.Bourgiba de Monastir. Il gère tous les autres automates esclaves situés sur deux les lignes :

- Ligne Monastir-Sousse : Skanes, Sahline, Sous Station Electrique, Zone Industrielle Sousse et Sousse Sud.
- Ligne Monastir-Mahdia : Faculté, Séparation, Khsibet, Moknine et Baghdadi.

L'automate maître fait la lecture cyclique des automates, il copie leurs états dans des zones mémoires spécifiques. S'il y a changement ou si on veut agir sur un esclave, il y a déclanchement d'une commande pour l'automate en question.

3.1. La fonction CommReq :

3.1.1. Présentation :

La fonction CommReq est la fonction la plus importante pour établir les communications entre les automates. C'est le noyau de communication. On peut grâce à cette fonction, configurer les ports pour différents opérations. On peut aussi, accéder aux différents registres de configurations pour régler les paramètres de communication tels que le type de protocole, le débit de transmission, le type de parité…

En utilisant le protocole Modbus RTU, ce bloc nous offre les fonctions suivantes :

- Initialisation du port
- Effacement des registres d'état du diagnostique
- Lecture des registres d'état du diagnostique
- Envoi d'une requête de lecture ou écriture
- Envoi d'une requête de diagnostique

La fonction CommReq possède trois paramètres d'entrée et un paramètre de sortie. Lorsque la fonction CommReq reçoit le flux d'énergie, un bloc de commande de données est envoyé au module intelligent.

Le bloc de commande commence à la référence spécifiée en utilisant le paramètre IN. Le châssis et le N° d'emplacement du module intelligent sont spécifiés dans SYSID (figure 25).

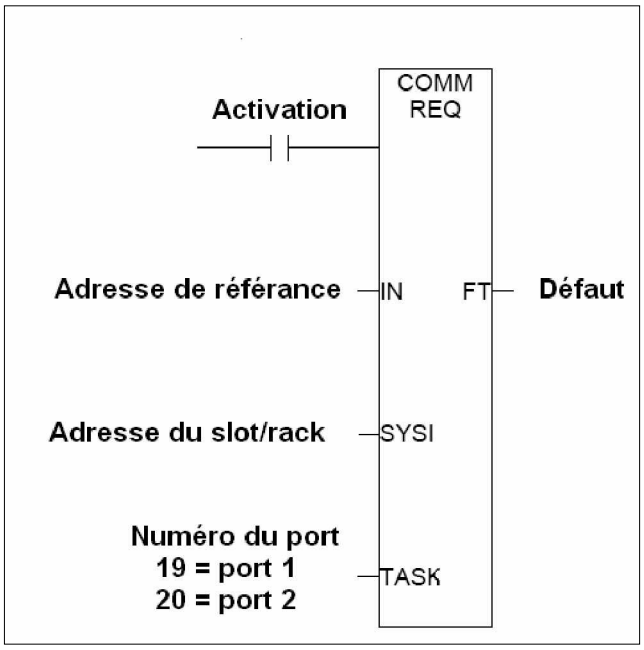


Figure 25. *La fonction CommReq*

Paramètre	Description
Validation	Lorsque la fonction est validée la communication est effectuée
IN	L'@ du premier mot de bloc de commande
SYSID	Numéros de châssis / emplacement
TASK	Les numéros du port à utiliser (19 pour port 1 et 20 pour port 2)
FT	S'il y a erreur elle se met à 1

Tableau 15. *Paramétrage de la fonction CommReq*

CommReq peut soit envoyer un message et attendre une réponse, soit envoyer un message et continuer sans attendre de réponse. Si le bloc de commande spécifie que le programme n'attendra pas de réponse, le contenu du bloc de commande est envoyé au dispositif récepteur et l'exécution du programme se poursuit immédiatement. (La valeur de dépassement de temps est ignorée). Ceci est désigné comme mode SANS ATTENTE.

Si le bloc de commande spécifie que le programme attendra une réponse, le contenu du bloc de commande est envoyé au dispositif récepteur et l'UC attend une réponse. La durée maximale que l'API attendra une réponse du dispositif est spécifiée dans le bloc de commande. Si le dispositif ne répond pas dans cette durée, l'exécution du programme se poursuit. Ceci est désigné comme mode ATTENTE.

La sortie Fonction défaillante (FT) peut être mise à "1" si :

- L'adresse cible spécifiée est absente (SYSID).
- La tâche spécifiée est invalide pour le dispositif (TASK).
- La longueur de donnée est 0.
- L'adresse du pointeur d'état du dispositif (partie du bloc de commande) n'existe pas. Ceci peut être dû à une sélection de type de mémoire incorrecte ou à une adresse de ce type de mémoire qui est hors de la plage. [35]

3.1.2. Bloc de commande :

Le bloc de commande fournit les informations concernant la commande à effectuer. Il est formé d'un ensemble de registres. Ces registres sont chargés à partir des blocs de la fonction BLKMOV WORD.

L'adresse du bloc de commande est spécifiée pour l'entrée IN de la fonction CommReq. Cette adresse peut être toute zone mémoire mot (%R, %AI ou %AQ). La longueur du bloc de commande dépend de la quantité de données envoyées.

Le bloc de commande de la fonction CommReq en Modbus RTU Master est composé essentiellement de sept mots de base auxquels on ajoute d'autres mots liés directement à la fonction exécutée.

Les sept premiers mots du bloc de commande de configuration de la fonction « CommReq » se présentent comme suit (tableau 16). [34]

Adresse	Valeur	Description
Mot 1	Selon type de commande	Longueur du block de commande
Mot 2	0	Mode sans attente
Mot 3	Voire annexe	Type du registre d'état
Mot 4	>= 0	Adresse du registre d'état - 1
Mot 5	0	Non utilisé
Mot 6	0	Non utilisé
Mot 7	65520, 8000, 8001, 8002 ou 8003	Type de fonction

Tableau 16. *Les sept premiers mots de la fonction CommReq*

Les informations nécessaires au bloc de commande peuvent être placées dans la zone mémoire désignée en utilisant une fonction de programmation appropriée.
Pour notre travail, on a besoin que des fonctions :

- Initialisation du port (65520).
- Envoie de requête de lecture ou d'écriture (8002).

3.2. Structure du programme :

Nous avons conçu deux programmes pour l'automate maître. Le premier programme assure la communication avec la première tranche qui contient les APIs de la ligne Monastir-Sousse d'adresses respectivement 2, 3, 4, 5 et 6. Il utilise le premier port de communication de l'A.P.I. maître. La deuxième tranche du bus contient les APIs de la ligne Monastir-Mahdia d'adresses respectivement 7, 8, 9, 10 et 11. Elle est gérée par le deuxième programme qui utilise le deuxième port de communication.

Comme les deux tranches ont pratiquement le même algorithme, on présentera le programme de la première tranche uniquement.

Le premier programme de l'automate maître est constitué essentiellement de trois étapes et d'une routine (figure 26) :

- ***Etape 1*** : Initialisation de la communication.
- ***Etape 2*** : Lecture des entrées de chaque automate esclave sur le réseau.
- ***Etape 3*** : Envoie de la commande pour l'automate en question.
- ***Routine*** : Détection d'une variation de commande

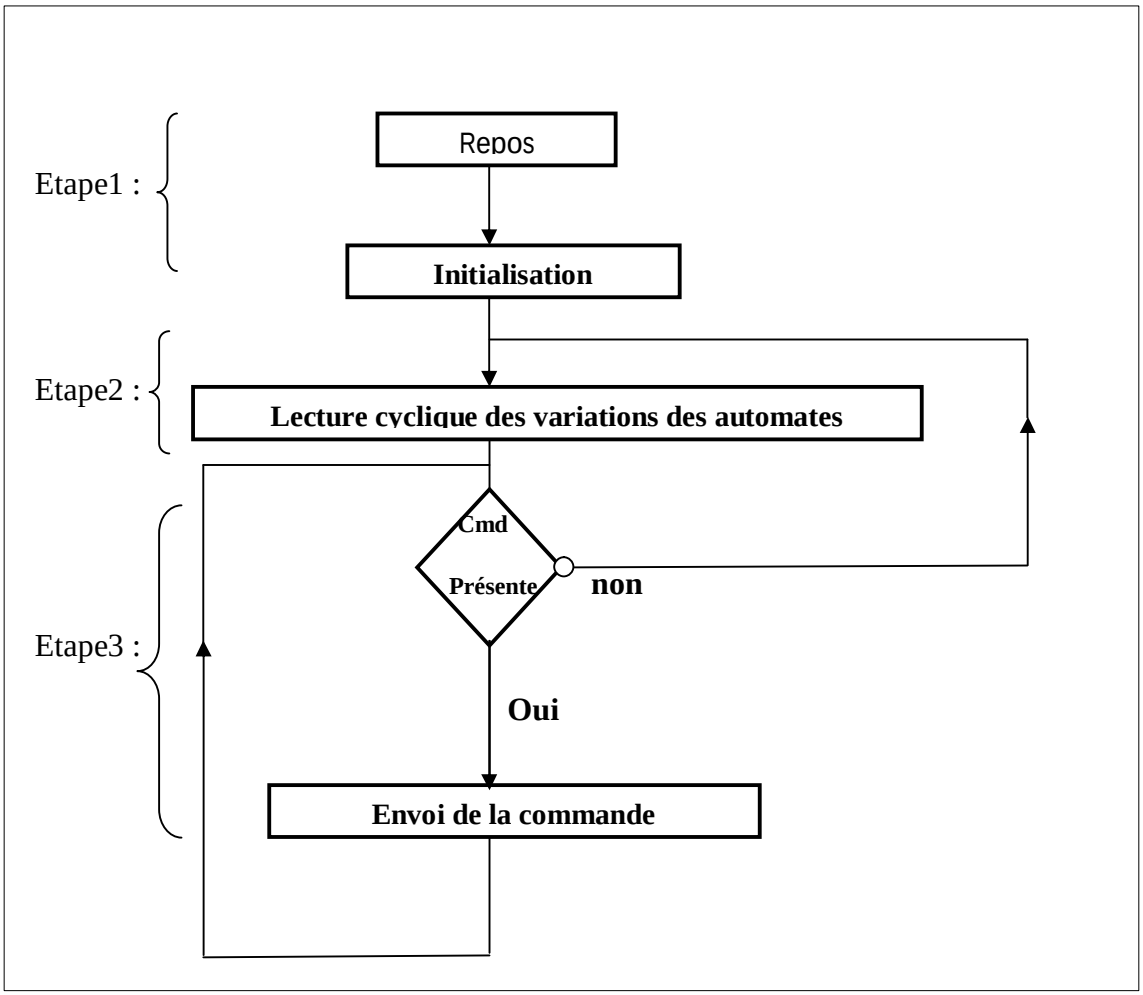


Figure 26. *Organigramme général de l'automate maître*

3.2.1. Etape 1 : Initialisation de la communication :

Pour s'assurer du bon fonctionnement de notre programme, on a commencé par remettre à zéro toute la zone mémoire qui sera utilisée par la suite. Cette action est fondamentale car il se peut qu'une mémoire garde un état antérieur non désirable au fonctionnement global.

Une fois la remise à zéro est achevée, on lance la fonction « CommReq » pour l'initialisation. Le registre de configuration de cette fonction contient :

- Le type de fonction
- Le protocole de communication
- L'adresse du registre d'état
- Le port utilisé
- La vitesse de transfert
- La parité
- Le type de contrôle de flux
- Le temps de réponse maximal

Pour vérifier que l'initialisation est réalisée correctement, le programme consulte le registre d'état de la fonction « CommReq ». Ce registre devrait indiquer la valeur un, et sur cette valeur s'effectue le test. Si la valeur contenue par le registre est autre que celle attendue, le programme relance l'initialisation après 5 seconds.

Si le test est positif, on arrête l'opération de d'initialisation. Elle ne sera active qu'à la prochaine mise sous tension de l'automate (RUN). On passe ainsi à l'opération suivante comme indiqué sur la figure 27.

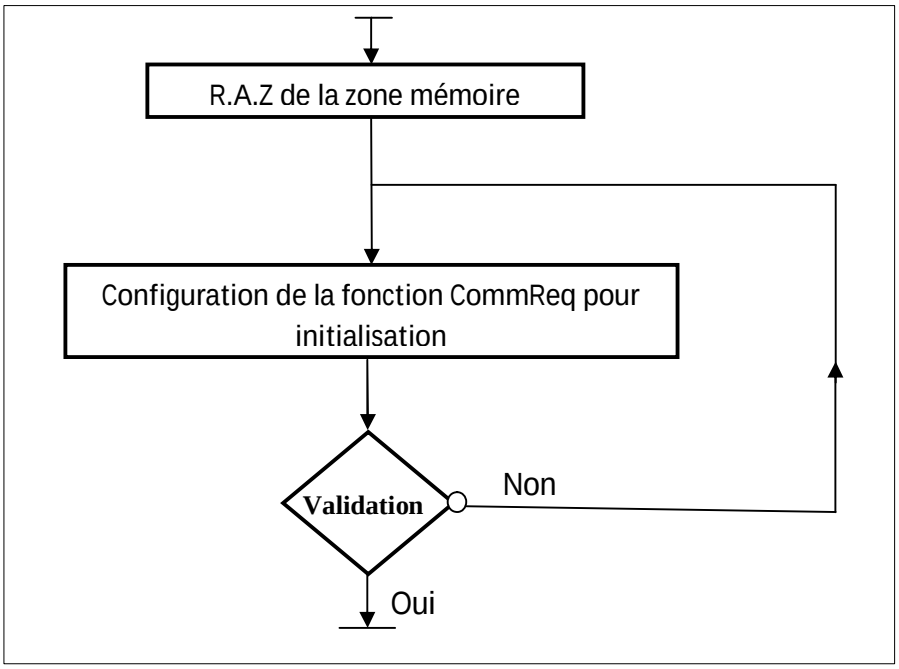


Figure 27. *Organigramme de l'initialisation*

v **Initialisation du port par CommReq: Code fonction 65520 :**

Cette fonction nous permet de configurer le port de communication. Les paramètres que nous avons utilisés sont :

- Type de mémoire à utiliser : %R
- Protocole : Modbus RTU
- Mode : Master
- Vitesse de communication : 2400 bit/s
- Parité : impaire
- Control de flux : matériel
- Temps de réponse maximal : 200ms
- Temps entre réception et émission : 161 µs (par défaut)
- Temps entre émission et réception : 460µs (par défaut)… [34]

Les registres du bloc de commande sont chargés par la fonction BLKMOVE WORD comme indiqué sur la figure 28.

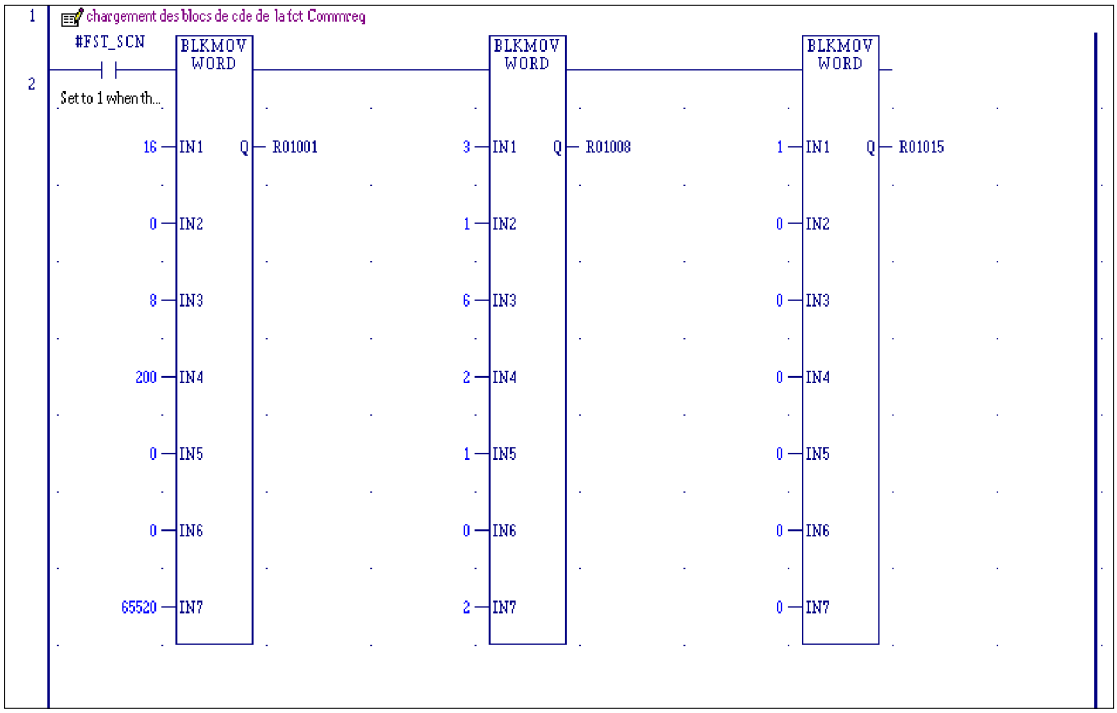


Figure 28. *Chargement des registres du bloc de commande*

3.2.2. Etape 2 : Lecture des entrées de chaque automate esclave sur le réseau :

Une fois l'initialisation de la communication est exécutée avec succès, on effectue la lecture cyclique des entrées de chaque automate esclave sur le réseau.

Le programme effectue l'étape de lecture en permanence comparée à celle d'écriture. Puisque cette étape ne se déclenche que si une commande est détectée par la routine.

En effet, le projet sert en premier lieu à superviser l'installation électrique du « métro Sahel » et d'intervenir quand il y a des interventions de maintenance ou d'entretien. L'automate maître effectue l'opération de lecture cyclique utilisant un compteur incrémental (de 0 à 4). Si cette opération réussi, le compteur s'incrémente. Sinon, on refait l'opération de lecture pour une durée maximale de 30s. Si on a encore un échec, une alarme de défaut de communication sera lancée. On passe par la suite à lecture de l'automate suivant.

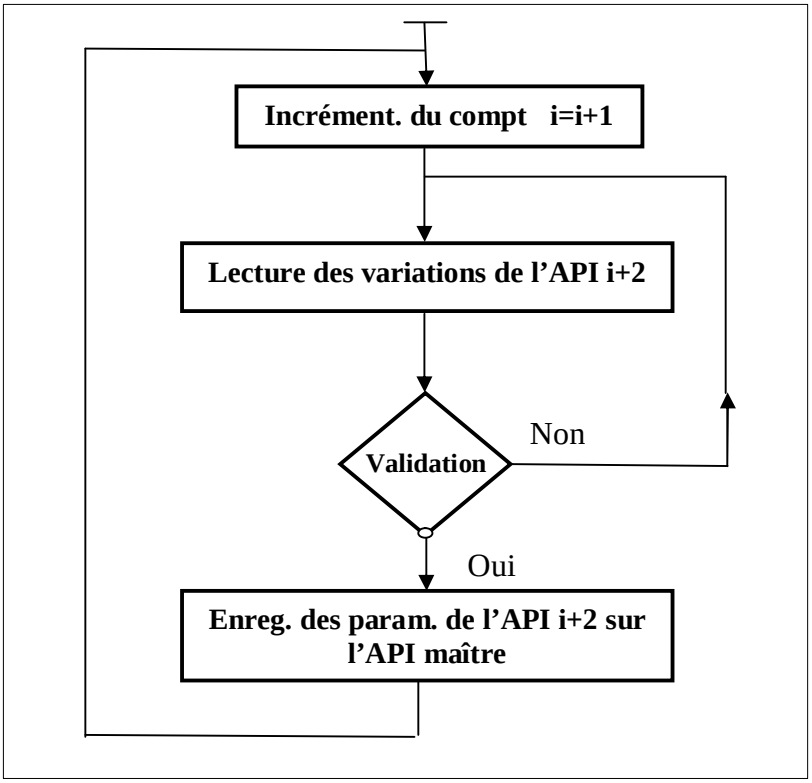


Figure 29. *Organigramme de l'opération de lecture*

3.2.3. Etape 3 : Envoie de la commande pour l'automate en question :

L'écriture sur un automate distant se déclenche suite à une variation dans la zone mémoire écriture de l'automate maître. Ceci est engendré par une action sur l'interface de supervision. Pour actionner la sortie Qi sur un automate Aj, le superviseur modifie la mémoire correspondante à cette sortie se trouvent dans la zone mémoire relative à l'automate en question. Le programme détecte cette modification et réagit. Une fonction CommReq nécessite comme entrées ; l'adresse de l'automate cible, la nature de la mémoire à manipuler (mémoire de sortie en général), son adresse et son nouvel état.

Si cette commande est envoyée, le programme consulte la file d'attente pour vérifier si d'autres commandes se présentent. A la fin du cycle, on prévoie un retour à l'étape de lecture (Etape 2).

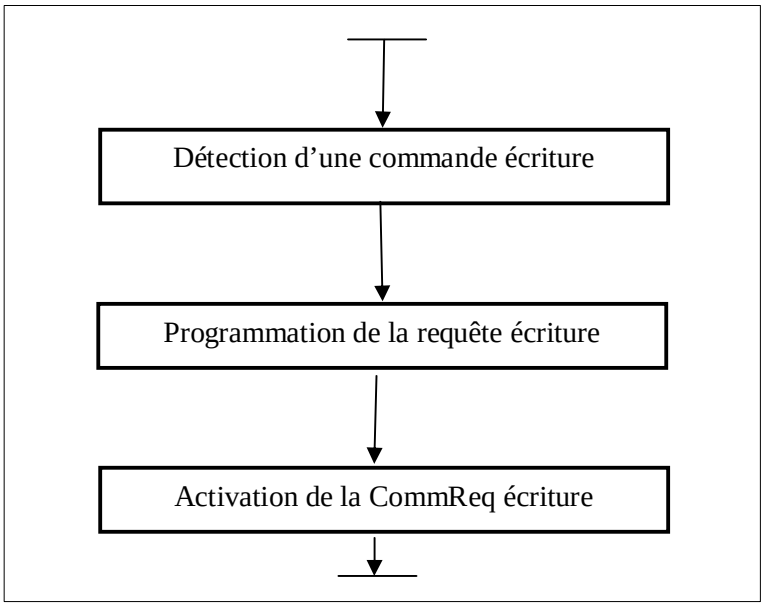


Figure 30. *Organigramme de l'opération écriture*

- **Envoi d'une requête de lecture ou écriture : code fonction 8002 :**

Cette fonction permet de consulter l'état des automates (lecture) ou bien d'envoyer des commandes (écriture). Afin d'exécuter l'une ou l'autre des ces fonctions, on configure les registres d'états des blocs BLKMOV WORD.

Les paramètres configurés sont :

- Le type de pointeur
- L'adresse de pointeur de mémoire
- Le code de la fonction
- L'adresse de l'automate cible
- L'adresse du premier mot
- Le nombre de mots à envoyer
- Le type de mémoire source
- Le type de mémoire destination…

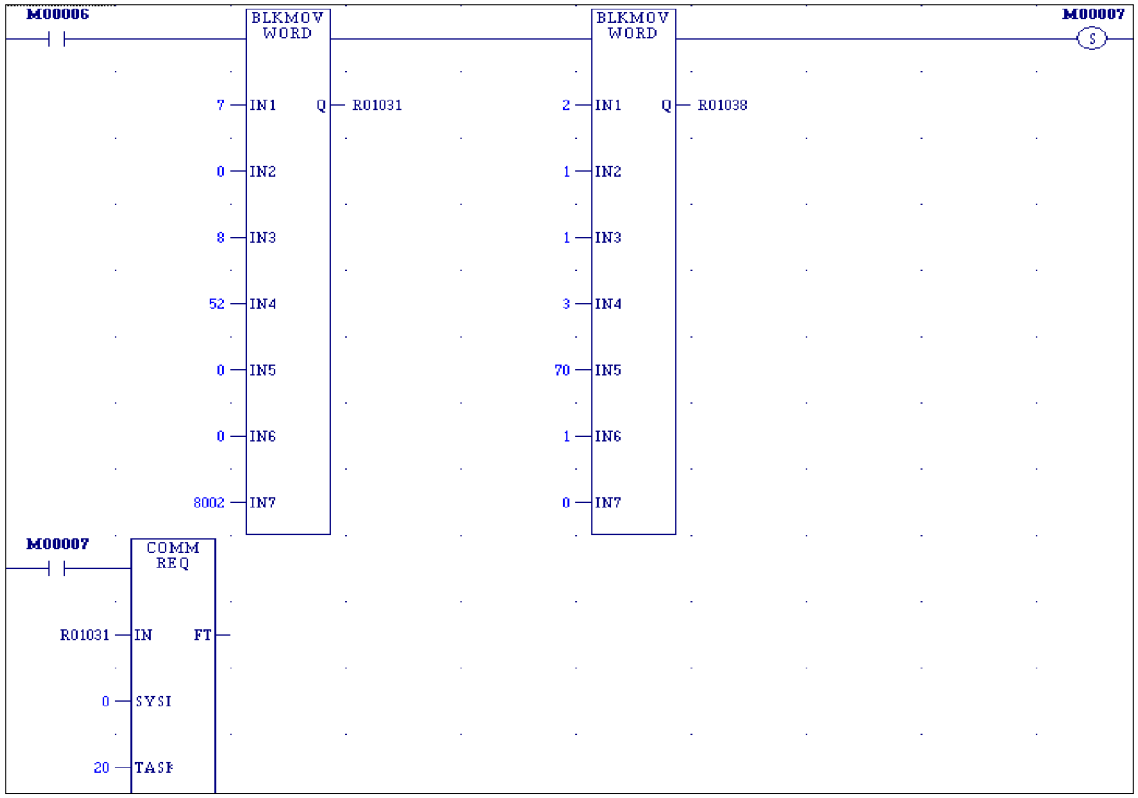


Figure 31. *Envoie d'une requête de lecture*

3.2.4. Routine : Détection d'une variation de commande :

La routine détecte le changement d'état d'un ou plusieurs bits dans une zone de mémoire bien déterminée. En effet, cette zone de mémoire contient les commandes effectuées par le superviseur. S'il existe une variation sur cette zone, la routine place une requête dans la file d'attente, et elle signale la présence d'une commande.

Chaque requête informe sur l'état de l'API de destination (figure 32). Par conséquent, Nous ne perdons aucune commande en présence d'une commande en cours d'exécution.

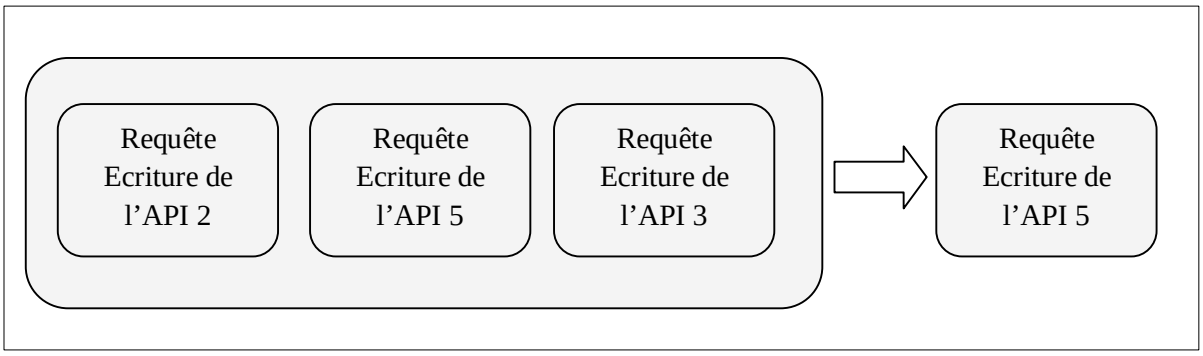


Figure 32. *File d'attente des requêtes écriture*

4. Câblage du matériel :

Le schéma descriptif du câblage du réseau de communication conçu est le suivant :

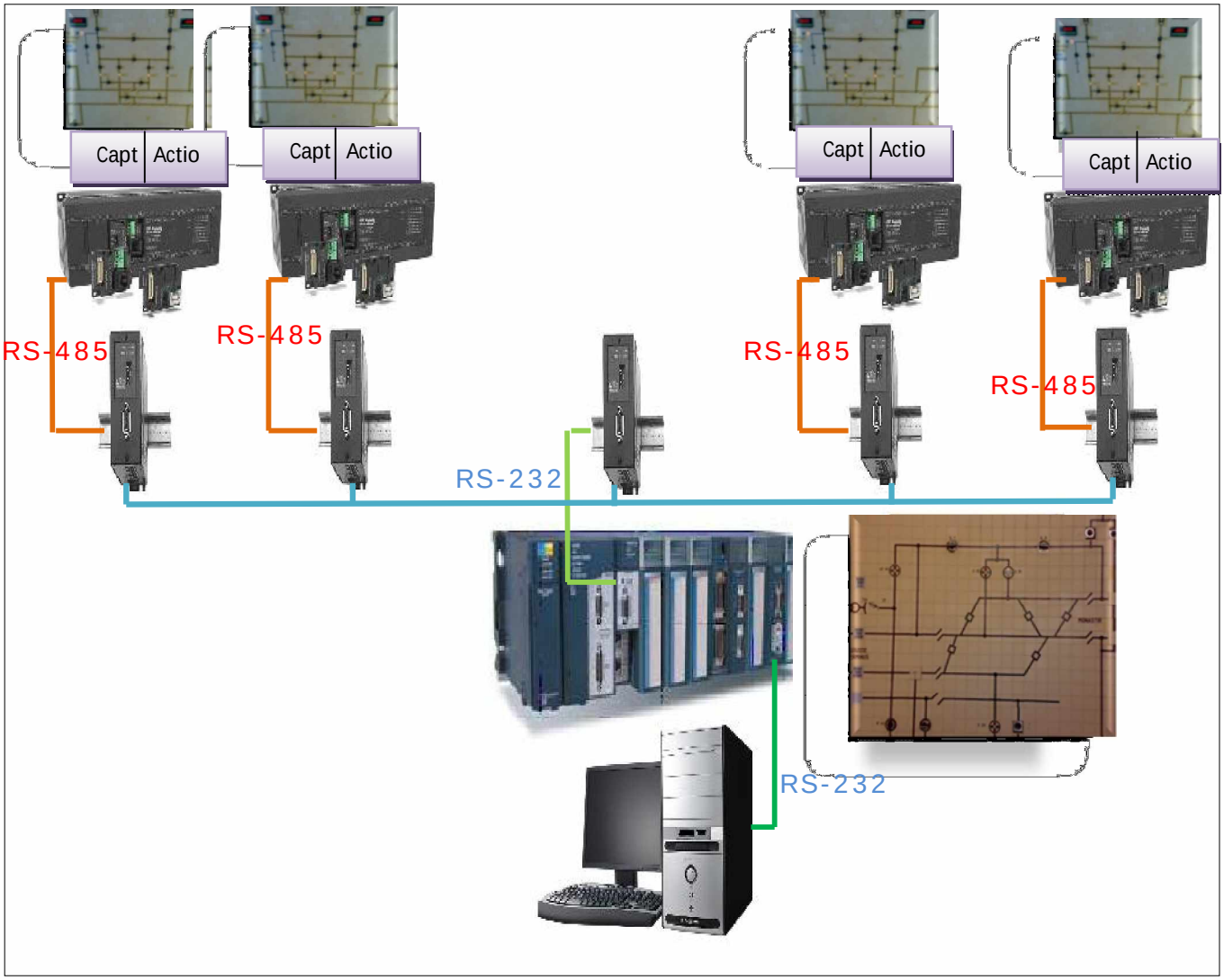


Figure 33. *Schéma de câblage du réseau*

On distingue principalement trois types de liaisons :

- Liaison entre tableau synoptique et capteurs (actionneurs).
- Liaison entre automate et entrées/sorties.
- Liaison entre automate et modem.

4.1. Liaison tableau synoptique et capteurs:

Chaque poste est équipé d'un tableau synoptique comme interface Homme-Machine. Il sert à visualiser les états des capteurs ou bien pour bien les actionneurs. Ce tableau peut être utilisé pour la commande locale ou partielle. Pour cela, les états provenant des capteurs ou bien des actionneurs sont branchés en séries avec des diodes Leds branchés sur le tableau synoptique.

4.2. Liaison entre automate et entrées/sorties :

Les entrées des automates sont principalement l'alimentation de 24VCD et les types d'entrées déjà mentionnées. Les sorties ne necessitent pas de protection par fusibles ; elles sont de types ESCP (Elctrical Short Circuit Protection). [25]

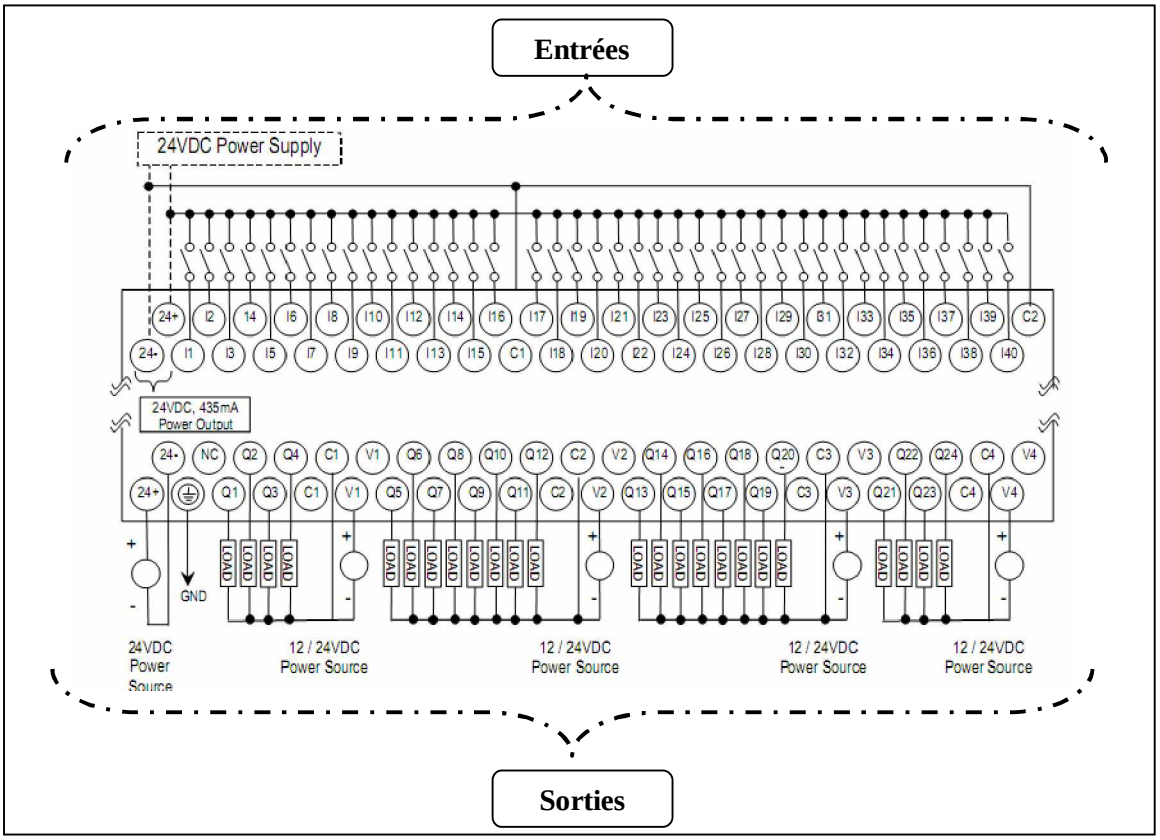


Figure 34. *Liaison entre automate et entrées/sorties*

4.3. Liaison entre automate et modem :

Comme on a déjà mentionné dans le chapitre II, la liaison entre l'automate et le modem est de type RS-485. Le modem ETIC contient un bornier 10 points. L'automate contient un connecteur RJ-45. Le tableau suivant montre les connexions dans le bornier du modem (tableau 17). [20]

Bornier N°	**Signal**	**Fonction**
Ligne		
1	L1	Signal de ligne fil1
2	L2	Signal de ligne fil2
3	Adp.	Resistance de terminaison
4-5-6	—	NC
Interface locale RS-485		
7	TX -	Emission polarité -
8	TX +	Emission polarité +
9	RX -	Réception polarité -
10	RX +	Réception polarité +

Tableau 17. *Bornier 10 points pour ETIC*

REMARQUE. — Pour une liaison de quelques mètres, il n'est en général pas nécessaire d'adapter la ligne RS485. Pour des distances plus importantes, afin d'éviter les réflexions du signal, il faut placer aux 2 extrémités du bus RS485 une résistance de terminaison de ligne RS485.

Le schéma du connecteur RJ-45 de l'automate qui contient la liaison RS-485 est donné sur la figure 35. Le port est installé comme étant un port optionnel comme nous l'avons indiqué dans le chapitre II. [30]

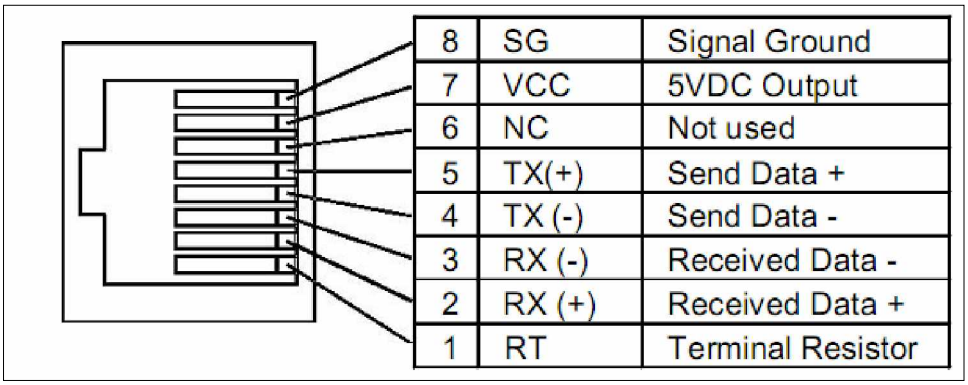

8 SG Signal Ground
7 VCC 5VDC Output
6 NC Not used
5 TX(+) Send Data +
4 TX (-) Send Data -
3 RX (-) Received Data -
2 RX (+) Received Data +
1 RT Terminal Resistor

Figure 35. *Connecteur RJ-45 de l'automate en liaison RS-485*

5. Conception des armoires électriques:

La dernière tâche exécutée était la conception des armoires qui supporteront le matériel. Pour cela, on a utilisé le logiciel professionnel « AutoCAD électrique ».

5.1. Procédure de câblage :

Il y a 3 grandes règles à respecter au niveau de la réalisation d'une armoire :

- Respecter la couleur des fils et leurs section afin de recompter la nature de la tension qui circule (alternatif, continu, 24V, 230V, 400V, ...)
- Respecter le repérage des fils et des appareils électriques afin de mieux se situer sur le schéma électrique.
- Respecter l'implantation des appareils électriques dans l'armoire (partie commande à gauche séparée de la partie puissance à droite).

Le respect de ces 3 règles permet de faciliter la maintenance de l'armoire en cas de problèmes et permet une meilleure compréhension de l'installation.

Tout commence par l'analyse complète du schéma électrique afin de déterminer le nombre exact d'appareils électriques à installer dans l'armoire et leurs encombrements afin de procéder à une bonne disposition de ces derniers.

La suite du travail consiste à l'installation des goulottes pour le passage des fils, des rails pour la fixation des appareils et la mise en place de ces derniers.

Une fois tous les appareils sont mis en place, il faut procéder au câblage des composants de l'armoire en faisant attention au respect des règles de câblage (couleur, sections, repérage des fils...).

Une fois le câblage terminé, il faut procéder à la finition de l'armoire, c'est à dire à la pose des tresses de masse, à la pose des couvercles de goulotte, de la signalisation par colonne lumineuse et par voyant sur l'armoire, de la ventilation pour le refroidissement de la partie puissance.

5.2. Présentation des composants de l'armoire :

Les composants essentiels des armoires sont :

- **Chargeur de batterie** (220VAC - 24VDC) : on l'utilise afin de maintenir nos composants sous tension en cas d'une coupure de tension. Ce chargeur est construit par la société BEMAI elle même.
- **Batterie** : on va utiliser deux batteries 12V pour l'alimentation en cas de coupure.
- **Automate** : on met un automate dans chaque armoire. On tiendra compte des futurs modules d'extension.
- **Modem** : on met un modem dans chaque armoire.
- **Borniers** : se divisent en deux types :
    - Borniers d'alimentation
    - Borniers d'entrées/sorties
- **Portes fusibles** : sont utilisés pour protéger l'installation contre les courts circuits et les surintensités.

5.3. Présentation du logiciel de conception :

AutoCAD est un logiciel professionnel de conception électrique et mécanique. Il offre une interface graphique facile à manipuler. Il offre une vue à deux ou à trois dimensions. C'est le logiciel le plus utilisé dans les bureaux d'études spécialisé dans la conception. Il permet de faire évoluer les projets de la phase de conception à la phase de réalisation rapidement et avec une bonne qualité. AutoCAD offre beaucoup de version. On cite parmi ces versions AutoCAD mécanique et AutoCAD électrique que nous avons utilisé. [37]

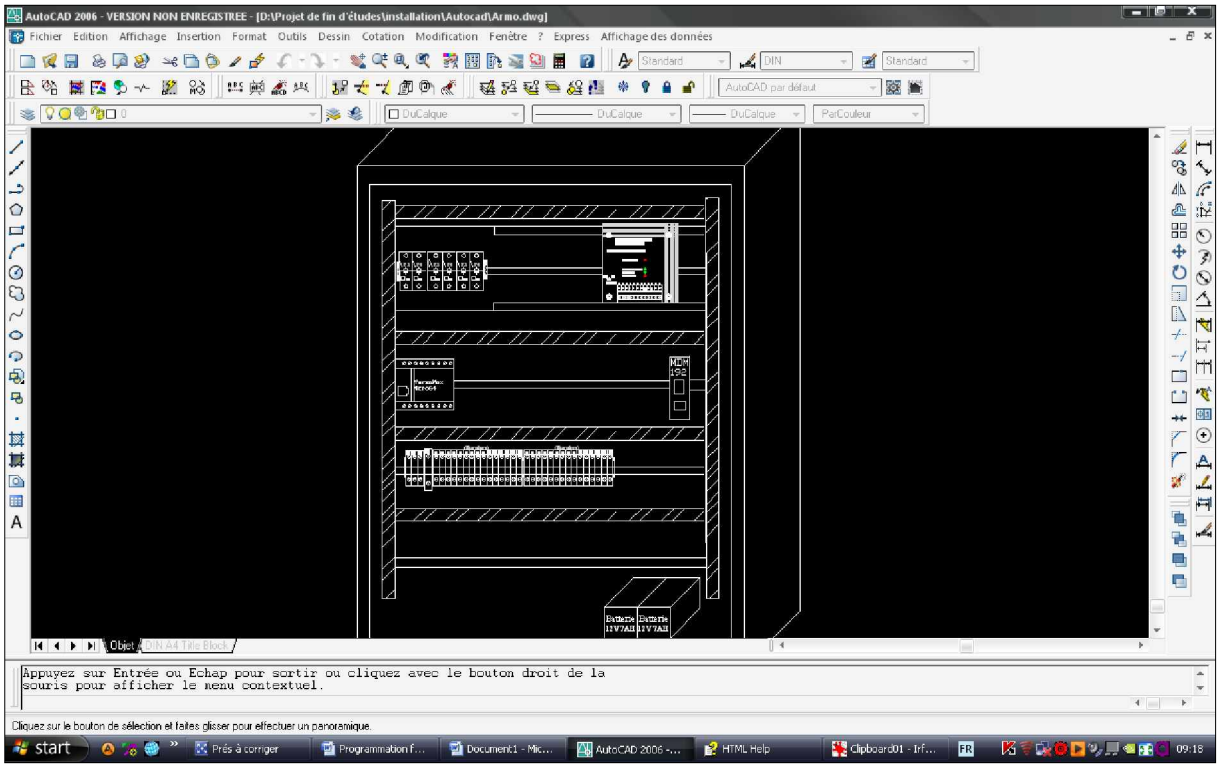

AutoCAD 2006 - VERSION NON ENREGISTREE - [D:\Projet de fin d'études\installation\Autocad\Armo.dwg]
Fichier Edition Affichage Insertion Format Outils Dessin Cotation Modification Fenêtre ? Express Affichage des données
Appuyez sur Entrée ou Echap pour sortir ou cliquez avec le bouton droit de la souris pour afficher le menu contextuel.
Cliquez sur le bouton de sélection et faites glisser pour effectuer un panoramique.
start

Figure 36. *Interface graphique d'AutoCAD*

6.4. Circuit d'installation :

Le circuit d'installation peut être schématisé comme suit (figure 37) :

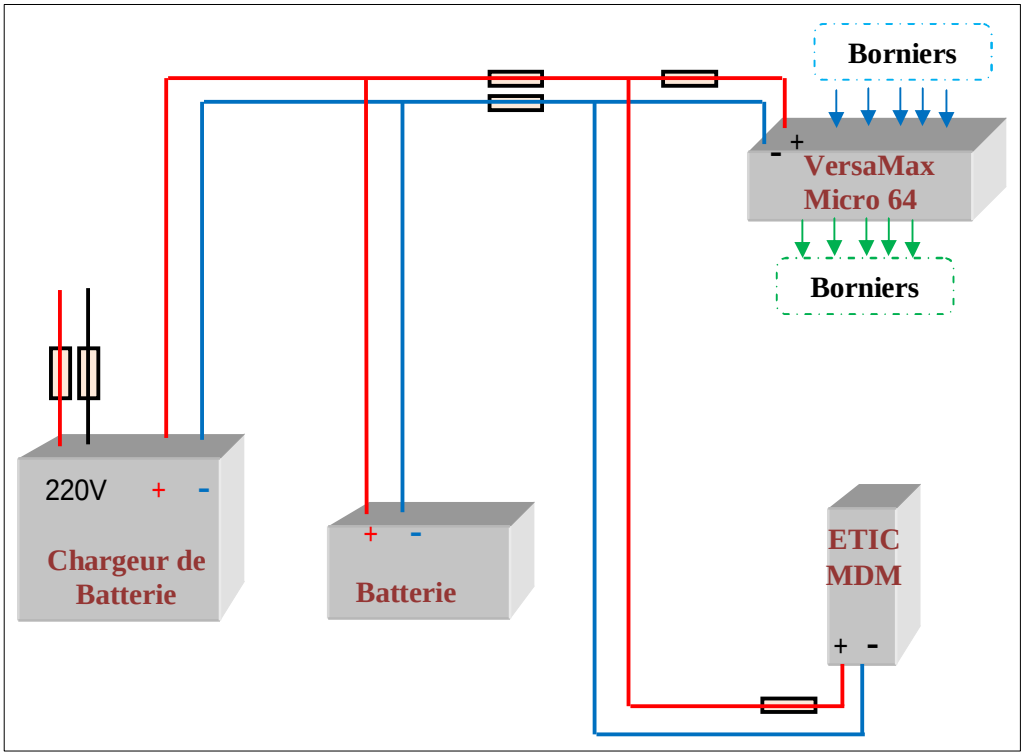


Figure 37. *Circuit d'installation de l'armoire*

En respectant le schéma d'installation, on peut ainsi obtenir l'architecture de l'armoire avec des dimensions réelles. L'armoire sera de taille : 1m x 80 cm. Voici le schéma de l'armoire obtenu par AutoCAD est présenté sur la figure 38.

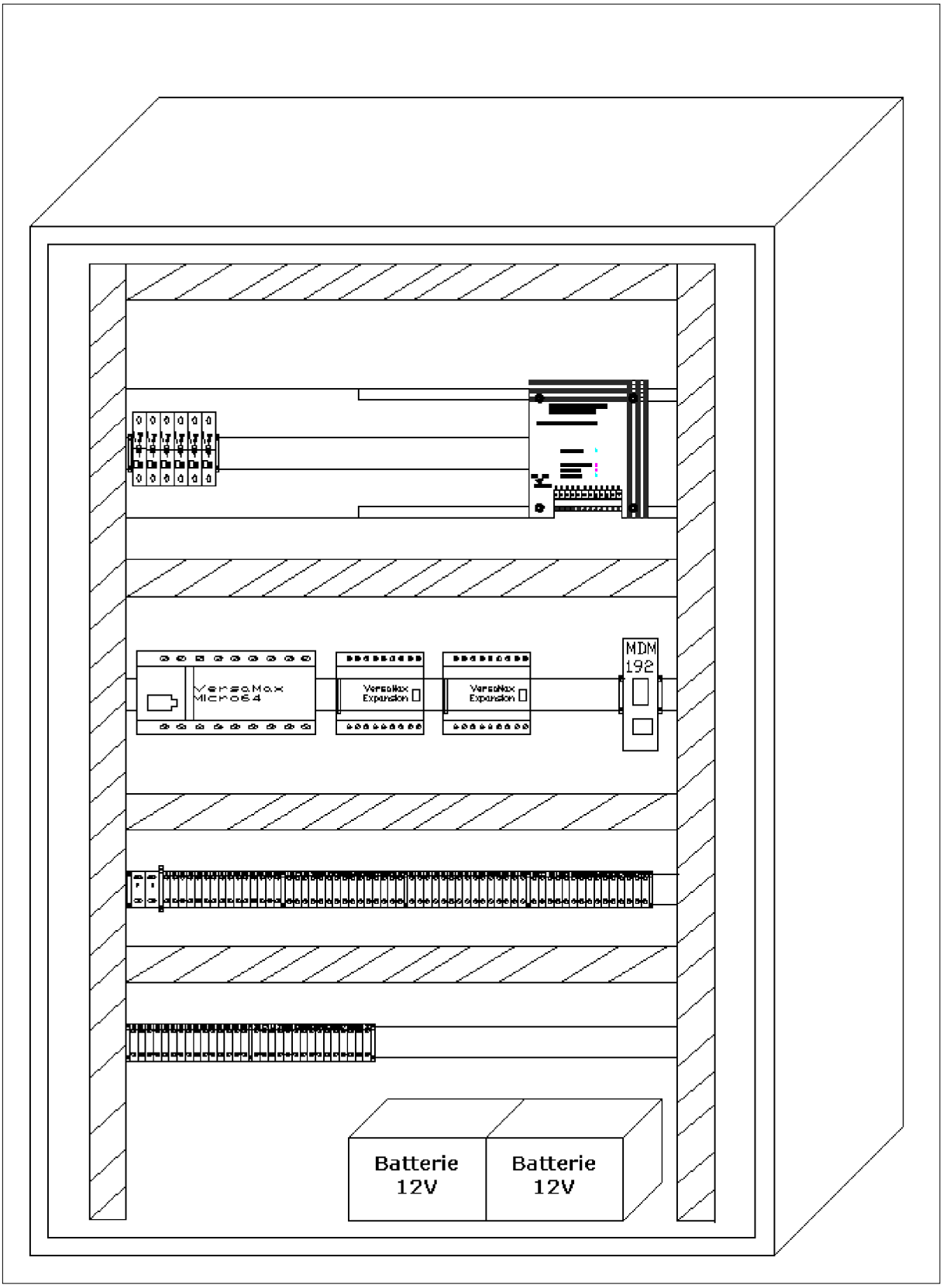


Figure 38. *Conception de l'armoire par AutoCAD*

Conclusion & Perspectives

Cette expérience de quatre mois a été enrichissante aussi bien sur le plan technique qu'humain. Elle m'a permis d'améliorer mes connaissances dans le domaine d'automatisme, de découvrir le milieu professionnel via la contribution à l'un des projets de grande importance au sein de la société. Ce stage a été d'autant bénéfique qu'il m'a permis d'évoluer dans un cadre de travail et de côtoyer des professionnels qui ont facilité mon insertion et intégration par leur soutient et esprit de communication très avancés.

Le monde de l'automatisation est en croissance continue dont le but est d'atteindre la satisfaction des clients. La porte est grande ouverte à une multitude d'applications accessibles depuis un automate. Ces applications sont trop variées dont le but est d'offrir le maximum de services aux utilisateurs.

L'objectif de ce projet était l'étude et la conception d'un réseau d'automates pour la télégestion de la ligne 22 du métro du Sahel.

Le cahier des charges imposé par la société a été entièrement achevé. En effet, j'ai développé un réseau d'automates communiquant via des modems en réseau Modbus. Le travail a débuté avec une phase de recherche et de documentation sur la solution la plus adaptée. Cette phase m'a conduit plutôt à une phase de choix du matériel en fonction des contraintes techniques et financières. Ensuite, nous avons entamé la phase de développement des programmes de communication. Enfin, nous avons fait la conception des armoires électriques qui supporteront le matériel.

En conclusion, ce projet de fin d'études m'a permis d'enrichir mes connaissances, ce qui va approfondir mon expérience et m'aider à mieux réussir une prochaine carrière professionnelle. Le projet peut être exploité dans les processus industriels ayant des sites éloignés tels que le domaine pétrolier et l'industrie de phosphate.

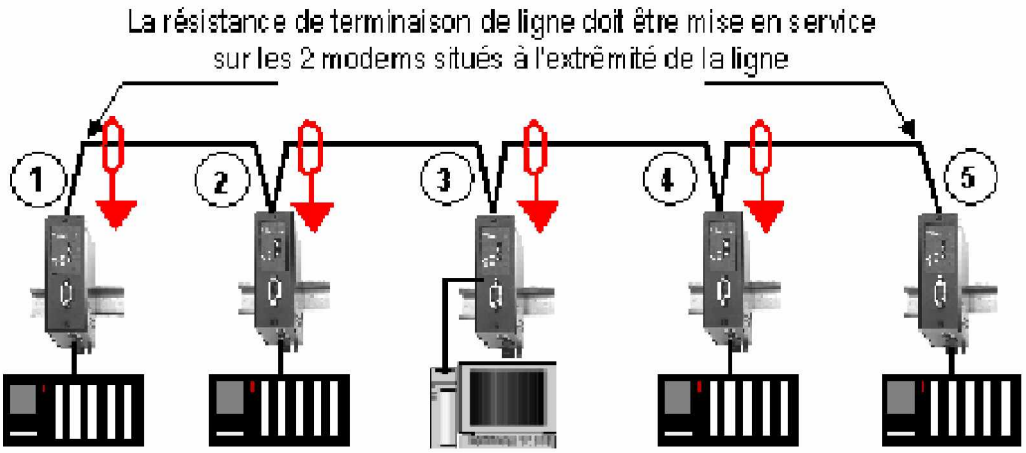
Bibliographie

- [1] Yves Coutu et Jamali Hassen, Communication Numériques et Réseaux, Edition 1998
- [2] Eric Magarotto, Cours d'informatique industrielle, Edition 2004
- [3] Philipe Le Burn, Automates programmable industrielle
- [4] IEC 61131-3
- [5] J Auvray, Systèmes électroniques Edition 2000-2001
- [6] Daniel Battu, Techniques d'ingénieur. Modem : Structures et caractéristiques (7211)
- [7] Daniel Battu, Techniques d'ingénieur. Modem : interfaces et normes (7213)
- [8] Daniel Battu, Techniques d'ingénieur. Modem : Techniques de modulations et fonctions complémentaires (7212)
- [9] EUROTHERM CONTROLS INC, Modbus and EI-BISYNCH Digital Communication Handbook
- [10] Guide d'exploitation de Télémécanique, Exemples De Réseau Modbus
- [11] Pascal Dereumaux, Protocole Modbus
- [12] EIA-485
- [13] J.Soranzo, Câble de liaison série
- [14] EIA RS-232
- [15] CCITT V24 –V28
- [16] Interface réseau RS-485, ACE-949-2
- [17] MuLOGIC Baseband and DSL Modems BBM series
- [18] MuLOGIC Baseband and DSL Modems LLM series
- [19] Westermo Communication, Manuel d'utilisateur
- [20] ETIC MDM-192 Modem Numérique Multipoint Manuel d'utilisateur
- [21] ETIC Télécommunication, MDM-192 modem asynchrone multipoint pour ligne privé,
- [22] ETIC Télécommunication, IRC-485 répéteur-convertisseur RS485, ETIC Télécommunication,
- [23] GE-Fanuc, CPU Referance Manual GFK-2222K
- [24] GE-Fanuc, PACSystems RX3i Serial Communication Modules GFK- 2406B

- [25] GE-Fanuc, PACSystems RX3i System Manual 2314C
- [26] GE-Fanuc, PACSystems RX3i Universal Analog Input 234
- [27] GE-Fanuc, VersaMax Micro PLC and Nano PLCs User's Manual GFK-1645F
- [28] GE-Fanuc, Control Systems Solutions Catalog GFK-406
- [29] GE-Fanuc, VersaMax Micro and Nano Controller GFAE-196A
- [30] GE-Fanuc, VersaMax Option Module GFK-2396
- [31] GE-Fanuc, VersaMax Micro and Nano Controller Solutions GFA-197
- [32] Proficy Machine Edition Getting Started GFK-1868H
- [33] Proficy Machine Edition Getting Logic Developer GFK-1918G
- [34] Modbus RTU Master Communications GFK-2220B
- [35] GE-Fanuc, API series 90/20/30 et Micro Jeu d'instructions de l'UC GFK-467L
- [36] GE-Fanuc Proficy Intelligent Production Solution GFA-562
- [37] AutoCad Autodesk, User's Manual 2006

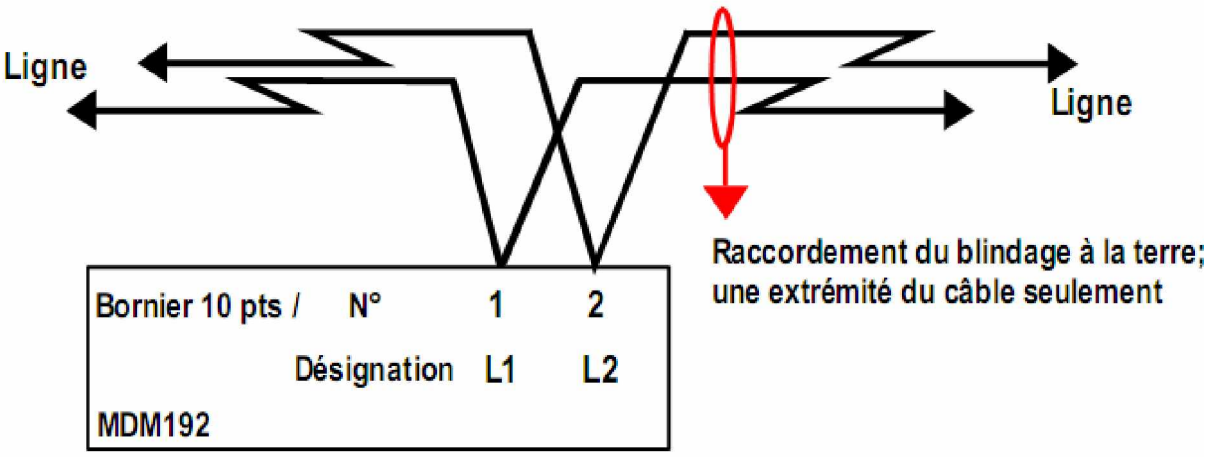
5.7. Connexion à la ligne : Liaison multipoints

On appelle liaison multi points, une liaison entre plus de 2 modems connectés à la même ligne.
Il faut distinguer le cas des modems en position intermédiaire (modems 2, 3, 4 du schéma ci-dessous) et le cas des modems placés aux extrêmités (modems 1 et 5 du schéma ci-dessous).



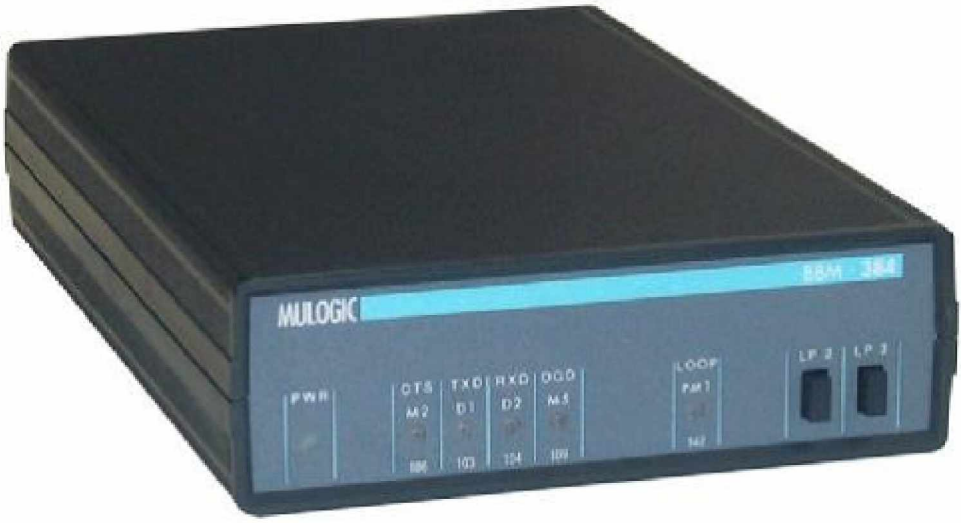
5.7.1. Modems en position intermédiaire

Raccordement d'un modem à la ligne
Les fils 1 et 2 peuvent être intervertis.



Raccordement du blindage du câble
Si le câble est blindé, l'enveloppe de blindage doit être raccordée à un bornier de terre de protection. Une seule extrêmité du blindage doit être raccordée à la terre.

1 General



BBM-384D

Introduction

The MuLogic BBM-384 series is a family of Base Band Modems for communication over unloaded, unconditioned local area telephone cable or twisted-pair cables in point-to-point, tandem, multipoint network and ring network configurations. The modems support synchronous as well as asynchronous communications on 2-wire (half-duplex) or 4-wire (full-duplex) lines at data rates up to 38.4 kbps.

The modem is available in 3 versions:

- BBM-384D: Standard desktop housing
- BBM-384S: Rugged steel desktop housing.
- BBM-384R: Rack card for use in a 19", 4HE card frame.

The BBM-384 is compliant with ITU-T recommendations V.24 and V.28. The modem supports Local Analogue Loop (loop-3) and Local Digital Loop (loop-2) according ITU-T recommendation V.54.

BBM-384S – BBM-384R

Characteristics of the BBM-384 series

The BBM-384 baseband modem uses a differential two-phase modulation technique which offers very short end-to-end data delay (latency) times. Short data delay can be relevant for time-critical master-slave communication in SCADA systems.

A statistical compromise equaliser can be inserted either in the transmit or in the receive path. The shape of the equalisation is automatically adapted to the selected data rate. The use of the equaliser almost doubles the maximum transmission distance.

V.54 test loops 2 and 3 can be initiated by an ON condition applied to interface circuit 140 (loop-2) or circuit 141 (loop-3). The modem is also equipped with front panel push buttons for manual control of a loop-2 or a loop-3 test. Circuit 140 and 141 as well as the front panel push button operation can be disabled. Remote or local loop-2 operation is selectable.

An optional feature of the BBM-384 series is Fall Back/Fall Forward, which allows to dynamically modify the transmission speed on tandem or tail-circuits. When the BBM-384 detects a change in the transmission rate of the connected modem it automatically switches to the alternative (fall-back) data rate. In turn, the remote modem (or modems, in a multipoint network) detects the difference in modulation rate, and consequently switches to its alternative configuration.

	Station Sousse Sud			
	Entrées TOR	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Commandes partielles	8	Commande_partiel_1	%I2
			Commande_partiel_2	%I3
			Commande_partiel_3	%I4
			Commande_partiel_4	%I5
			Commande_partiel_5	%I6
			Commande_partiel_6	%I7
			Commande_partiel_7	%I8
			Commande_partiel_8	%I9
	Etat interrupteurs	5	IL1	%I10
			IL2	%I11
			IL3	%I12
			IL4	%I13
			IP41	%I14
	Etat Sectionneurs	3	S13	%I15
			S31	%I16
			S24	%I17
	Présence tension	2	TV1	%I18
			TV2	%I19
	Alarmes	9	17	%I20
			18	%I21
			19	%I22
			20	%I23
			21	%I24
			22	%I25
			23	%I26
			24	%I27
			29	%I28
	+25% extension	8		
	Total	36		
Sorties	Commande Interrupteurs	10	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
			IL2_ouverture	%Q3
			IL2_fermeture	%Q4
			IL3_ouverture	%Q5
			IL3_fermeture	%Q6
			IL4_ouverture	%Q7
			IL4_fermeture	%Q8
			IP41_ouverture	%Q9
			IP41_fermeture	%Q10
	+25% extension	3		
	Total sorties TOR	13		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101
			IL2_ouverture_dis	%Q102
			IL2_fermeture_dis	%Q103

		IL3_ouverture_dis	%Q104
		IL3_fermeture_dis	%Q105
		IL4_ouverture_dis	%Q106
		IL4_fermeture_dis	%Q107
		IP41_ouverture_dis	%Q108
		IP41_fermeture_dis	%Q109

	Station Aéroport Skanes			
	Désignation	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Commandes partielles	3	Commande_partiel_1	%I2
			Commande_partiel_2	%I3
			Commande_partiel_3	%I4
	Etat interrupteurs	2	IL1	%I5
			IL2	%I6
			IP41	%I7
	Etat Sectionneurs	2	S13	%I8
			S31	%I9
	Présence tension	2	TV1	%I10
			TV2	%I11
	Alarmes	8	17	%I12
			18	%I13
			19	%I14
			20	%I15
			21	%I16
			22	%I17
			29	%I18
	+25% extension	5		
	Total	25		
Sorties	Commande Interrupteurs	6	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
			IL2_ouverture	%Q3
			IL2_fermeture	%Q4
			IP41_ouverture	%Q5
			IP41_fermeture	%Q6
	+25% extension	2		
	Total sorties TOR	8		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101
			IL2_ouverture_dis	%Q102
			IL2_fermeture_dis	%Q103
			IP41_ouverture_dis	%Q104
			IP41_fermeture_dis	%Q105

	Station Les Sahlines LS			
	Désignation	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Commandes partielles	7	Commande_partiel_1	%I2
			Commande_partiel_2	%I3
			Commande_partiel_3	%I4
			Commande_partiel_4	%I5
			Commande_partiel_5	%I6
			Commande_partiel_6	%I7
			Commande_partiel_7	%I8
	Etat interrupteurs	4	IL1	%I9
			IL2	%I10
			IL3	%I11
			IL4	%I12
	Etat Sectionneurs	3	S13	%I13
			S31	%I14
			S24	%I15
	Présence tension	2	TV3	%I16
			TV4	%I17
	Alarmes	8	17	%I18
			18	%I19
			19	%I20
			20	%I21
			21	%I22
			22	%I23
			23	%I24
			24	%I25
	+25% extension	7		
	Total	32		
Sorties	Commande Interrupteurs	8	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
			IL2_ouverture	%Q3
			IL2_fermeture	%Q4
			IL3_ouverture	%Q5
			IL3_fermeture	%Q6
			IL4_ouverture	%Q7
			IL4_fermeture	%Q8
	+25% extension	4		
	Total sorties TOR	12		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101
			IL2_ouverture_dis	%Q102
			IL2_fermeture_dis	%Q103
			IL3_ouverture_dis	%Q104
			IL3_fermeture_dis	%Q105
			IL4_ouverture_dis	%Q106
			IL4_fermeture_dis	%Q107

	Station Section de Séparation			
	Désignation	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Commandes partielles	4	Commande_partiel_1	%I2
			Commande_partiel_2	%I3
			Commande_partiel_3	%I4
			Commande_partiel_4	%I5
	Etat interrupteurs	4	IL1	%I6
			IL2	%I7
			IL12	%I8
			IL34	%I9
	Etat Sectionneurs	4	S1	%I10
			S2	%I11
			S3	%I12
			S4	%I13
	Présence tension	4	TV1	%I14
			TV2	%I15
			TV3	%I16
			TV4	%I17
	Alarmes	8	17	%I18
			18	%I19
			19	%I20
			20	%I21
			21	%I22
			22	%I23
			25	%I24
			26	%I25
	+25% extension	7		
	Total	32		
Sorties	Commande Interrupteurs	10	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
			IL2_ouverture	%Q3
			IL2_fermeture	%Q4
			IL3_ouverture	%Q5
			IL3_fermeture	%Q6
			IL4_ouverture	%Q7
			IL4_fermeture	%Q8
			IP34_ouverture	%Q9
			IP34_fermeture	%Q10
	+25% extension	3		
	Total sorties TOR	13		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101
			IL2_ouverture_dis	%Q102
			IL2_fermeture_dis	%Q103
			IP12_ouverture_dis	%Q104
			IP12_fermeture_dis	%Q105
			IP34_ouverture_dis	%Q106
			IP34_fermeture_dis	%Q107

	Station Faculté			
	Désigniation	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Commandes partielles	5	Commande_partiel_1	%I2
			Commande_partiel_2	%I3
			Commande_partiel_3	%I4
			Commande_partiel_4	%I5
			Commande_partiel_5	%I6
	Etat interrupteurs	5	IL1	%I7
			IL2	%I8
			IL3	%I9
			IL4	%I10
			IP12	%I11
	Etat Sectionneurs	4	S1	%I12
			S2	%I13
			S3	%I14
			S4	%I15
	Présence tension	4	TV1	%I16
			TV2	%I17
			TV3	%I18
			TV4	%I19
	Alarmes	9	17	%I20
			18	%I21
			19	%I22
			20	%I23
			21	%I24
			22	%I25
			23	%I26
			24	%I27
			25	%I28
	+25% extension	8		
	Total	36		
Sorties	Commande Interrupteurs	10	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
			IL2_ouverture	%Q3
			IL2_fermeture	%Q4
			IL3_ouverture	%Q5
			IL3_fermeture	%Q6
			IL4_ouverture	%Q7
			IL4_fermeture	%Q8
			IP12_ouverture	%Q9
			IP12_fermeture	%Q10
	+25% extension	3		
	Total sorties TOR	13		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101
			IL2_ouverture_dis	%Q102
			IL2_fermeture_dis	%Q103
			IL3_ouverture_dis	%Q104
			IL3_fermeture_dis	%Q105
			IL4_ouverture_dis	%Q106

		IL4_fermeture_dis	%Q107
		IP12_ouverture_dis	%Q108
		IP12_fermeture_dis	%Q109

	Station Ksibet			
	Désignation	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Commandes partielles	5	Commande_partiel_1	%I2
			Commande_partiel_2	%I3
			Commande_partiel_3	%I4
			Commande_partiel_4	%I5
			Commande_partiel_5	%I6
				%I7
	Etat interrupteurs	5	IL1	%I8
			IL2	%I9
			IL3	%I10
			IL4	%I11
			IP34	%I12
	Etat Sectionneurs	3	S13	%I13
			S31	%I14
			S24	%I15
	Présence tension	2	TV1	%I16
			TV2	%I17
	Alarmes		17	%I18
			18	%I19
			19	%I20
			20	%I21
			21	%I22
			22	%I23
			23	%I24
			24	%I25
			26	%I26
	+25% extension	8		
	Total	34		
Sorties	Commande Interrupteurs	10	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
			IL2_ouverture	%Q3
			IL2_fermeture	%Q4
			IL3_ouverture	%Q5
			IL3_fermeture	%Q6
			IL4_ouverture	%Q7
			IL4_fermeture	%Q8
			IP34_ouverture	%Q9
			IP34_fermeture	%Q10
	+25% extension	3		
	Total sorties TOR	13		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101
			IL2_ouverture_dis	%Q102

		IL2_fermeture_dis	%Q103
		IL3_ouverture_dis	%Q104
		IL3_fermeture_dis	%Q105
		IL4_ouverture_dis	%Q106
		IL4_fermeture_dis	%Q107
		IP34_ouverture_dis	%Q108
		IP34_fermeture_dis	%Q109

	Station Zone Industrielle			
	Entrées TOR	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Commandes partielles	2	Commande_partiel_1	%I2
			Commande_partiel_2	%I3
	Etat interrupteurs	2	IL1	%I4
			IL2	%I5
	Présence tension	2	TV1	%I6
			TV2	%I7
	Alarmes	5	17	%I8
			18	%I9
			19	%I10
			20	%I11
			21	%I12
			22	%I13
	+25% extension	4		
	Total	18		
Sorties	Commande Interrupteurs	4	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
			IL2_ouverture	%Q3
			IL2_fermeture	%Q4
	+25% extension	2		
	Total sorties TOR	6		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101
			IL2_ouverture_dis	%Q102
			IL2_fermeture_dis	%Q103

	Station Moknine			
	Désignation	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Commandes partielles	5	Commande_partiel_1	%I2
			Commande_partiel_2	%I3
			Commande_partiel_3	%I4
			Commande_partiel_4	%I5
			Commande_partiel_5	%I6
	Etat interrupteurs	5	IL1	%I7
			IL2	%I8
			IL3	%I9
			IL4	%I10
			IP12	%I11
	Etat Sectionneurs	4	S13	%I12
			S31	%I13
			S24	%I14
			S42	%I15
	Présence tension	3	TV1	%I16
			TV2	%I17
			TV34	%I18
	Alarmes	9	17	%I19
			18	%I20
			19	%I21
			20	%I22
			21	%I23
			22	%I24
			23	%I25
			24	%I26
			25	%I27
	+25% extension	8		
	Total	35		
Sorties	Commande Interrupteurs	10	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
			IL2_ouverture	%Q3
			IL2_fermeture	%Q4
			IL3_ouverture	%Q5
			IL3_fermeture	%Q6
			IL4_ouverture	%Q7
			IL4_fermeture	%Q8
			IP12_ouverture	%Q9
			IP12_fermeture	%Q10
	+25% extension	3		
	Total sorties TOR	13		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101
			IL2_ouverture_dis	%Q102
			IL2_fermeture_dis	%Q103
			IL3_ouverture_dis	%Q104
			IL3_fermeture_dis	%Q105

IL4_ouverture_dis	%Q106
IL4_fermeture_dis	%Q107
IP12_ouverture_dis	%Q108
IP12_fermeture_dis	%Q109

Entrées TOR

Sous Station Electrique			
Désignation	**Nombre**	**Mnémonique**	**Adresse**
Commande Locale	1	Commande_local	%I1
Commandes partielles	10	Commande_partiel_1	%I2
		Commande_partiel_2	%I3
		Commande_partiel_3	%I4
		Commande_partiel_4	%I5
		Commande_partiel_5	%I6
		Commande_partiel_6	%I7
		Commande_partiel_7	%I8
		Commande_partiel_8	%I9
		Commande_partiel_9	%I10
		Commande_partiel_10	%I11
Etat interrupteurs	5	IM1	%I12
		IM2	%I13
		IM3	%I14
		IM4	%I15
		IMBC	%I16
Etat Sectionneurs	10	SU5	%I17
		SU6	%I18
		SU7	%I19
		SU8	%I20
		SB1	%I21
		SB2	%I22
		SUM1	%I23
		SUM2	%I24
		SMP1	%I25
		SMP2	%I26
Etat Disjoncteur	4	DB1	%I27
		DB2	%I28
		DU1	%I29
		DU2	%I30
Présence tension	5	présence_alimentation	%I31
		TVF1	%I32
		TVF2	%I33
		TVF3	%I34
		TVF4	%I35
Alarmes	20	3	%I36
		4	%I37
		5	%I38
		6	%I39
		7	%I40
		8	%I41
		9	%I42
		10	%I43
		11	%I44

			12	%I45
			13	%I46
			14	%I47
			15	%I48
			16	%I49
			17	%I50
			18	%I51
			19	%I52
			20	%I53
			27	%I54
			28	%I55
	+25% extension	20		
	Total	75		
Entrées analog	Tension STEG **Tension sec. T1**		V1	%R1
			V2	%R4
			V3	%R7
			A1	%R10
			A2	%R13
Sorties	Commande Disjoncteurs	6	DB1_ouverture	%Q1
			DB1_fermeture	%Q2
			DB2_ouverture	%Q3
			DB2_fermeture	%Q4
			DU1_ouverture	%Q5
			DU2_fermeture	%Q6
	Commande Interrupteurs	10	IM1_ouverture	%Q7
			IM1_fermeture	%Q8
			IM2_ouverture	%Q9
			IM2_fermeture	%Q10
			IM3_ouverture	%Q11
			IM3_fermeture	%Q12
			IM4_ouverture	%Q13
			IM4_fermeture	%Q14
			IMBC_ouverture	%Q15
			IMBC_fermeture	%Q16
	Commande Sectionneurs	12	SB1_ouverture	%Q17
			SB1_fermeture	%Q18
			SB2_ouverture	%Q19
			SB2_fermeture	%Q20
			SUM1_ouverture	%Q21
			SUM1_fermeture	%Q22
			SUM2_ouverture	%Q23
			SUM2_fermeture	%Q24
			SMP1_ouverture	%Q25
			SMP1_fermeture	%Q26
			SMP2_ouverture	%Q27
			SMP2_fermeture	%Q28
	+25% extension	28		
	Total sorties TOR	36		
	Sorties commander a distance		DB1_ouverture_dis	%Q100
			DB1_fermeture_dis	%Q101

		DB2_ouverture_dis	%Q102
		DB2_fermeture_dis	%Q103
		DU1_ouverture_dis	%Q104
		DU2_fermeture_dis	%Q105
		IM1_ouverture_dis	%Q106
		IM1_fermeture_dis	%Q107
		IM2_ouverture_dis	%Q108
		IM2_fermeture_dis	%Q109
		IM3_ouverture_dis	%Q110
		IM3_fermeture_dis	%Q111
		IM4_ouverture_dis	%Q112
		IM4_fermeture_dis	%Q113
		IMBC_ouverture_dis	%Q114
		IMBC_fermeture_dis	%Q115
		SB1_ouverture_dis	%Q116
		SB1_fermeture_dis	%Q117
		SB2_ouverture_dis	%Q118
		SB2_fermeture_dis	%Q119
		SUM1_ouverture_dis	%Q120
		SUM1_fermeture_dis	%Q121
		SUM2_ouverture_dis	%Q122
		SUM2_fermeture_dis	%Q123
		SMP1_ouverture_dis	%Q124
		SMP1_fermeture_dis	%Q125
		SMP2_ouverture_dis	%Q126
		SMP2_fermeture_dis	%Q127

	Station Bagdadi			
	Désignation	**Nombre**	**Mnémonique**	**Address**
Entrées TOR	Commande Locale	1	Commande_local	%I1
	Etat interupteurs	1	IL1	%I2
	Présence tention	2	TV1	%I3
			TV2	%I4
	Alarmes	5	17	%I5
			18	%I6
			19	%I7
			20	%I8
			21	%I9
	+25% extention	3		
	Toal	12		
Sorties	Commande Interrupteurs	2	IL1_ouverture	%Q1
			IL1_fermeture	%Q2
	+25% extention	2		
	Total sorties TOR	4		
	Sorties commander a distance		IL1_ouverture_dis	%Q100
			IL1_fermeture_dis	%Q101

Multidrop Connections

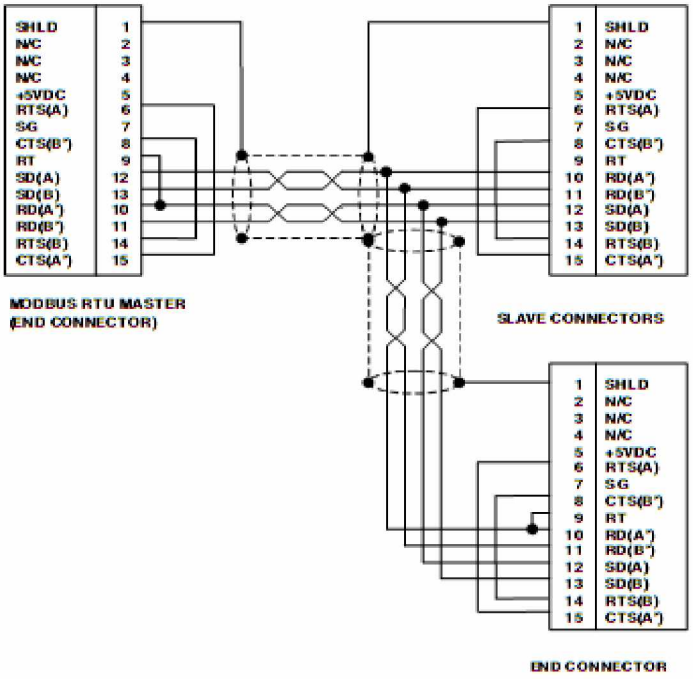
Four-Wire (4-Wire)

In this network configuration, the Send Data (SD) pair of the RTU master device is connected to the Receive Data (RD) pairs of all the slaves, and the SD pairs of all the slaves are connected to the RD pair of the master. The slave devices must all use RS-485-compatible serial ports so that their transmitters are disabled except when transmitting. Although some RS-442 devices disable outputs when not transmitting, the RS-442 specification does not require it. The master may use either an RS-422 or RS-485 port because it is the only transmitter on that pair. Serial ports on all devices should be configured for Flow Control NONE.

Four-Wire Connection without Repeaters

Notes:

1. Connectors on the cable ends have the Resistive Termination (RT) pin connected. All others have RT unconnected.
2. One connector is shown between the end devices. Additional connectors may be added up to a total of 31.
3. Attach all connectors to 15-pin RS-485 ports on GE Fanuc CPU modules. The Modbus RTU master device must be attached at the left-hand connector. All other devices are slaves.
4. Jumper connections between CTS and RTS are optional. No GE Fanuc 15-pin RS-485 ports that support Modbus RTU currently require them.
5. There are ground loops through the SHLD connections and frame ground connections of the master and slave devices. Large ground loop currents can cause data errors. See the accompanying text for a discussion of this issue.
6. Vary the connector wiring as needed to accommodate third-party RTU slave devices.

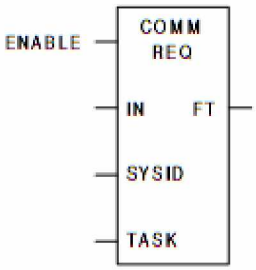


Any high-quality shielded twisted-pair cable with two pairs is suitable for short cable runs (up to about 15 meters). Longer runs require a cable with a nominal impedance of 120 ohms. Use a cable designed for RS-485 transmission such as Belden[2] 9842 or equivalent.

[2] Belden is a trademark of Belden Technologies Inc.

COMMREQ Function Block Format

Modbus RTU Master communications use standard COMMREQ function blocks to originate Modbus RTU queries and (optionally) for port configuration. The Modbus RTU port on the PLC CPU is specified by rack, slot and task.



COMMREQ Function Block Parameters

IN	Reference address of a COMMREQ command/data block; for example, %R00101. It is the location of Word 1 in the command/data blocks defined on the next page.
SYSID	The CONST value that specifies the CPU rack/slot address: IC693CPU363: 1 (rack 0, slot 1) IC200CPUxxx: 0 (rack 0, slot 0)
TASK	The CPU internal task number for the Modbus RTU port: 19 = Port 1 on IC693CPU363 and IC200CPUxxx 20 = Port 2 on IC693CPU363 and IC200CPUxxx

COMMREQ Function Block Output

FT	Fault; ON whenever: The IN parameter reference address or any part of the data block it specifies is an invalid reference, OR The SYSID and TASK parameters specify an address that does not support COMMREQs. For VersaMax CPUs only: the COMMREQ status word location specified in the data block is invalid. The ON state indicates that the COMMREQ did not complete successfully. If the COMMREQ specified a Modbus RTU query message, it was NOT sent from the port.

Modbus RTU Master Communications - April 2003

COMMREQ Command/Data Block

The first seven words of the COMMREQ command/data block are common to all Modbus RTU Master commands.

Location	Value	Description
Word 1	Depends on command number	RTU Command/Data Block Length
Word 2	0	NOWAIT Mode
Word 3	See table below.	Status Word Memory Type
Word 4	>= 0	Status Word Address – 1
Word 5	0	Unused
Word 6	0	Unused
Word 7	65520, 8000, 8001, 8002 or, 8003	RTU Master Command Number

The fields in the Modbus RTU Master COMMREQ command/data block are described below.

Word 1 RTU Command/Data Block Length. The length in words of the combined COMMREQ command and data block, starting at Word 7; 1 to 13 depending on the specific command.

Word 2 NOWAIT-mode COMMREQs must be used for RTU Master commands.

Word 3 Status Word Memory Type, must be one of the following values.

PLC Memory Type	Type Code		Valid Range[1]
	Dec	Hex	
Registers (%R)	08	08h	1-maximum units
Analog Inputs (%AI)	10	0Ah	1-maximum units
Analog Outputs (%AQ)	12	0Ch	1-maximum units
Discrete Inputs (%I)	70	46h	1-maximum units
	16	10h	1-maximum units [2]
Discrete Outputs (%Q)	72	48h	1-maximum units
	18	12h	1-maximum units [2]

1. The maximum addressable range for each memory type depends on the CPU model and memory configuration.
2. When using a byte-oriented memory type, the corresponding memory address offset and data quantity are expressed in bytes, not bits.

Word 4 Status Word Address minus one

The zero-based offset of the status word; for example, specify 0 for %R00001. The combination of status memory type and address (Words 3 and 4) must specify a valid memory reference location.

Word 5, 6 Unused. The WAIT-mode COMMREQ time-out values in these fields are unused for NOWAIT-mode COMMREQs.

Word 7 RTU Master Command Number. Command numbers 8000, 8001, 8002, 8003 and 65520 are described below.

Modbus RTU Master Commands

The following pages describe the Modbus RTU Master commands that can be used.

Initialize RTU Master Port: 65520 (FFF0)

Local command

The standard Serial Port Setup COMMREQ may be used to configure the port for Modbus RTU Master operation using configuration values specified in the data block. It may also be used to modify configuration values during Modbus RTU Master operation. Note that the usage of words 19 and 20 is different from Modbus RTU Slave.

When the CPU hardware configuration assigns a different protocol to the target port and this COMMREQ is used to start Modbus RTU Master, the application must not issue additional Modbus RTU Master COMMREQs until this one completes successfully. The application must monitor the value in the COMMREQ status location do determine successful completion.

When this COMMREQ is used to re-initialize Modbus RTU Master during operation, the

Command Block Format

Location	*Value*	*Description*
Word 1	16 for Modbus RTU Master	Port Setup Command/Data Block Length in words (includes Words 7 – 22, inclusive)
Word 2	0	NOWAIT Mode (required)
Word 3	See table on page 9.	Status Word Memory Type
Word 4	>= 0 See page 9.	Status Word Address – 1.
Word 5	0 (Ignored)	WAIT Mode time-out values are unused
Word 6	0 (Ignored)	WAIT Mode time-out values are unused
Word 7	65520	Command – Port Setup
Word 8	3	Protocol – Modbus RTU
Word 9	1	Mode – Master (New for Modbus RTU)
Word 10	2 = 1200, 3 = 2400, 4 = 4800, 5 = 9600, 6 = 19200, 7 = 38400, 8 = 57600, 9 = 115200	Data Rate
Word 11	0 = NONE, 1 = ODD, 2 = EVEN	Parity
Word 12	0 = HARDWARE, 1 = NONE	Flow Control
Word 13	0 (Ignored)	SNP Turnaround Delay
Word 14	0 = LONG (8 Seconds), 1 = MEDIUM (2 Seconds), 2 = STANDARD (500 Milliseconds), 3 = SHORT (200 Milliseconds)	Response message time-out– the specified value must be greater than the sum of the longest receive-to-transmit delay for all slaves plus the longest response message transmission time at the current data rate.
Word 15	1 (Ignored)	Bits per Character – Modbus RTU requires 8 bits.
Word 16	0 (Ignored)	Stop Bits – Modbus RTU forces 1 stop bit.
Word 17	0 (Ignored)	Port Interface – not software configurable in VersaMax or IC693CPU363; Port 1 = RS-232, Port 2 = RS-485
Word 18	0 (Ignored)	Half-Duplex Mode – Modbus RTU Master and Slave always disable the port receiver while transmitting, effectively operating in 2-wire mode.
Word 19	0 – 65,535 (0 to 6.5535 seconds) 0 = Default	Character-gap time-out in 100-microsecond units. See the description below.
Word 20	(0 to 6.5535 seconds) 0 = Default (See description below.)	RTS Drop Delay in 100 microsecond units.
Words 21 – 22	0 (Ignored)	The required minimum Port Setup command/data length includes these words. However, the Modbus RTU Master ignores their values.